

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διδακτορική Διατριβή

**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

**ΑΓΩΓΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ**

υπό

**ΣΤΑΥΡΟΥΛΑΣ ΑΝΤ. ΤΣΙΤΣΙΦΛΗ**

Διπλωματούχου Χημικού Μηχανικού Α.Π.Θ., 1994

M.B.A, Cass Business School, City University, London, 1995

M.Δ.Ε. «Σύγχρονες Μέθοδοι Παραγωγής & Βιομηχανικής Διοίκησης», Πανεπιστήμιο

Θεσσαλίας, 2001

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων

για την απόκτηση του Διδακτορικού Διπλώματος

2010

© 2010 Σταυρούλα Τσιτσιφλή

Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από το [Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας](#) δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

## Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Επταμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

- Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων) Δρ. Ιωάννης Μπακούρος  
Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,  
Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
- Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Αντώνιος Λιακόπουλος  
Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο  
Θεσσαλίας
- Τρίτος Εξεταστής Δρ. Βασίλειος Κανακούδης  
Λέκτορας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο  
Θεσσαλίας
- Τέταρτος Εξεταστής Δρ. Πέτρος Πηλαβάκης  
Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,  
Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
- Πέμπτος Εξεταστής Δρ. Αθανάσιος Κούγκολος  
Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας,  
Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πανεπιστήμιο  
Θεσσαλίας
- Έκτος Εξεταστής Δρ. Σπύρος Καραμάνος  
Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Έβδομος Εξεταστής Δρ. Δημήτριος Βλάχος  
Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,  
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης



## Ευχαριστίες

Πρώτα απ' όλα, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διατριβής μου, Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Ιωάννη Μπακούρο, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της διδακτορικής μου διατριβής. Επίσης, είμαι ευγνώμων στον συνεπιβλέποντα Λέκτορα κ. Βασίλη Κανακούδη με την βοήθεια του οποίου αυτή η διατριβή έγινε πραγματικότητα. Τον ευχαριστώ επίσης για την ουσιαστική του βοήθεια και καθοδήγηση καθώς και την υποστήριξη που μου παρείχε. Ευχαριστώ επίσης τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διατριβής μου, Καθηγητές κκ. Αντώνιο Λιακόπουλο, Πέτρο Πηλαβάκη, Αθανάσιο Κούγκολο, Σπύρο Καραμάνο και Δημήτριο Βλάχο, για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους. Οφείλω ευχαριστίες στις κ.κ. Ευτυχία Παπαλεξίου και Ευαγγελία Καζαμία από την Δ.Ε.Υ.Α. της Κω για τα στοιχεία του δικτύου που μου παρείχαν και για τις υποδείξεις τους. Ευχαριστώ επίσης τον κ. Δημήτρη Σαββοργινάκη από την Δ.Ε.Υ.Α. της Λάρισας για όλα τα στοιχεία που μου παρείχε καθώς και τον κ. Αριστείδη Αδάμου από το Συμβούλιο Υδατοπρομήθειας της Λάρνακας για τα στοιχεία των αστοχιών των αγωγών του δικτύου.

Πάνω απ' όλα, είμαι ευγνώμων στον σύζυγό μου Χρήστο Γεωργίου για την κατανόησή του και την έμπρακτη βοήθειά του και στα παιδιά μου Ζένια και Δημήτρη Γεωργίου για την ολόψυχη αγάπη και υποστήριξή τους. Θα ήταν παράλειψή μου αν δεν ευχαριστούσα από τα βάθη της καρδιάς μου τους γονείς μου Αντώνη και Ζωή Τσιτσιφλή για όλα όσα μου προσέφεραν σε όλη μου τη ζωή και για τα εφόδια που μου παρείχαν.

Αφιερώνω αυτή την διατριβή στα παιδιά μου και εύχομαι να τω δω και αυτά μια μέρα άξιους επιστήμονες.

Σταυρούλα Τσιτσιφλή



# ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΓΩΓΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

ΣΤΑΥΡΟΥΛΑ ΤΣΙΤΣΙΦΛΗ

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, 1994

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Ιωάννης Μπακούρος, Αναπληρωτής Καθηγητής

## Περίληψη

Τα δίκτυα ύδρευσης αποτελούν έναν εν δυνάμει υδατικό πόρο αφού ποσότητες νερού μέχρι και 50% του παρεχόμενου νερού χάνονται εξαιτίας απωλειών κυρίως στους αγωγούς των δικτύων. Το νερό αποτελεί ένα αγαθό σε ανεπάρκεια του οποίου αξία αναγνωρίζεται όλο και περισσότερο καθημερινά. Για τον λόγο αυτό είναι επιτακτική ανάγκη να γίνει ορθή διαχείριση του επιπέδου λειτουργίας και της αξιοπιστίας των αγωγών και των δικτύων ύδρευσης.

Στην παρούσα διατριβή αρχικά γίνεται αναφορά στην Διαχείριση των Υδατικών Πόρων με έμφαση στην ανάλυση και συγκριτική αξιολόγηση της Οδηγίας Πλαίσιο για τα νερά (WFD 2000/60/EC). Κατατίθενται προτάσεις για την αντιμετώπιση των προβλημάτων κατά την εφαρμογή της Οδηγίας κυρίως στην Ελλάδα. Επιβεβαιώνεται τέλος η σύνδεση της διαχείρισης των υδατικών πόρων με τη διαχείριση των δικτύων αφού οι απώλειες στα δίκτυα αποτελούν εν δυνάμει υδατικό πόρο.

Στην συνέχεια γίνεται πλήρης ανάλυση των μοντέλων αξιολόγησης του επιπέδου λειτουργίας των δικτύων, προσαρμογή τους και ανάπτυξη ενός φιλικού προς τον χρήστη εργαλείου για τον υπολογισμό του Υδατικού Ισοζυγίου και των Δεικτών Απόδοσης των δικτύων ύδρευσης. Γίνεται πιλοτική εφαρμογή του αρχικού και του προσαρμοσμένου μοντέλου σε δύο δίκτυα ύδρευσης στην Ελλάδα. Από τα αποτελέσματα επιβεβαιώνεται ο σημαντικός ρόλος των απωλειών νερού στα δίκτυα και για το λόγο αυτό κρίθηκε αναγκαία η ανάπτυξη μεθοδολογίας πρόβλεψης των αστοχιών στους αγωγούς. Γίνεται ανάλυση και βελτίωση του μοντέλου πρόβλεψης των αστοχιών των αγωγών με την μέθοδο της Διαχωριστικής Ανάλυσης και Ταξινόμησης με την χρήση πολυμεταβλητών. Γίνεται ανάλυση των αστοχιών των αγωγών των δικτύων ύδρευσης με προσομοίωση της μεθόδου Διαχωριστικής Ανάλυσης και Ταξινόμησης η οποία μας οδηγεί στον προσδιορισμό ενός μοντέλου πρόβλεψης των αστοχιών των αγωγών σε δίκτυα ύδρευσης και εντοπίζονται τα προβλήματα κατά την εφαρμογή του μοντέλου σε δίκτυα ύδρευσης.

Τέλος γίνεται αναφορά στις τελευταίες εξελίξεις στον τομέα διαχείρισης του αστικού νερού και συγκεκριμένα παρουσιάζονται οι τεχνικές υπολογισμού του πλήρους κόστους του νερού (σαν αποτέλεσμα των τριών συνιστωσών του) και της τιμής του. Παρουσιάζονται επίσης οι βασικές αρχές μιας ολοκληρωμένης μεθοδολογίας

υπολογισμού του πλήρους κόστους του αστικού νερού. Τέλος αναλύονται οι νέες πρακτικές χρηματοδότησης της κατασκευής αστικών έργων ύδρευσης και των έργων αναβάθμισης της λειτουργίας τους και συγκεκριμένα οι Συμπράξεις Δημόσιου Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ) ως ένα εργαλείο υλοποίησης έργων και παροχής υπηρεσιών Δημοσίου.



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Εισαγωγή .....	3
1.2 Κίνητρο και υπόβαθρο.....	4
1.3 Σκοπός της διατριβής .....	6
1.4 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση .....	8
1.4.1 Απώλειες νερού .....	8
1.4.2 Διαχείριση αστοχιών αγωγών δικτύων ύδρευσης.....	9
1.5 Οργάνωση Διατριβής.....	12
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ</b> .....	<b>15</b>
<b>ΕΝΟΤΗΤΑ Α: «Διαχείριση Υδατικών Πόρων»</b> .....	<b>19</b>
<b>Κεφάλαιο Α-1: Διαχείριση Υδατικών Πόρων</b> .....	<b>21</b>
Α-1.1 Ιστορικά.....	21
Α-1.2 Στον κόσμο .....	21
Α-1.3 Στην Ελλάδα .....	23
<b>Κεφάλαιο Α-2: Αποτίμηση της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ στην Ε.Ε.</b> .....	<b>25</b>
Α-2.1 Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ «για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων» .....	25
Α-2.2 Αποτίμηση Εφαρμογής της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ .....	25
Α-2.2.1. Εποπτική εικόνα των άρθρων της Οδηγίας .....	26
Α-2.2.2. Οι σημαντικότερες προθεσμίες της Οδηγίας.....	27
Α-2.3 Εναρμόνιση της εθνικής νομοθεσίας με την οδηγία .....	29
Α-2.4 Διοικητική Αναδιάρθρωση (Άρθρο 3).....	30
Α-2.5 Περιβαλλοντική και Οικονομική Ανάλυση (Άρθρο 5).....	31
Α-2.5.1. Χαρακτηριστικά των ΛΑΠ.....	31
Α-2.5.2. Ανάλυση πιέσεων, επιπτώσεων, και επικινδυνότητας στους υδατικούς πόρους.....	33
Α-2.5.3. Οικονομική ανάλυση και διεθνής συνεργασία .....	34
Α-2.5.4. Αποτελέσματα της διαδικασίας ελέγχου απόδοσης των αναλύσεων του Άρθ.5.....	36
Α-2.6 Δίκτυα παρακολούθησης (Άρθρο 8).....	38
<b>Κεφάλαιο Α-3: Αποτίμηση της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ στην Ελλάδα</b> .....	<b>41</b>
Α-3.1 Ιστορικό της διαχρονικής εξέλιξης των προσεγγίσεων της διαχείρισης των Υδατικών Πόρων .....	41
Α-3.2. Εναρμόνιση Εθνικής Νομοθεσίας με την Οδηγία.....	43
Α-3.2.1. Βασικές αρχές του Νόμου .....	43
Α-3.2.2. Προβλήματα του Νόμου .....	44
<b>Κεφάλαιο Α-4: Μελλοντικές Ενέργειες της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ</b> .....	<b>51</b>
Α-4.1. Ανάλυση Κόστους/Οφέλους της Οδηγίας.....	51
Α-4.2. Ο χρόνος δράσης των ΚΜ μέχρι το 2009.....	52
<b>Κεφάλαιο Α-5: Συμπεράσματα – Προτάσεις</b> .....	<b>57</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕΡΟΥΣ Α</b> .....	<b>60</b>
<b>ΕΝΟΤΗΤΑ Β: «Μοντέλα Διαχείρισης Δικτύων και Αστοχιών»</b> .....	<b>61</b>
<b>Κεφάλαιο Β-1: Διαχείριση απωλειών νερού</b> .....	<b>63</b>
Β-1.1 Εισαγωγή.....	63

B-1.2 Αξιολόγηση απωλειών .....	63
<b>Κεφάλαιο Β-2: Το Διεθνές Πρότυπο Υδατικό Ισοζύγιο της IWA.....</b>	<b>65</b>
B-2.1 Το Διεθνές Πρότυπο Υδατικό Ισοζύγιο της IWA.....	65
B-2.2 Νερό που αποδίδει έσοδα.....	65
B-2.3 Απώλειες νερού .....	66
B-2.4 Μη-Ανταποδοτικό Νερό (νερό που δεν αποδίδει έσοδα - Non Revenue Water) .....	67
<b>Κεφάλαιο Β-3: Τροποποιήσεις του Διεθνούς Υδατικού Ισοζυγίου .....</b>	<b>69</b>
B-3.1 Τροποποιημένο Υδατικό Ισοζύγιο από τους McKenzie et al. (2007).....	69
B-3.2 Πρόταση Τροποποιημένου Υδατικού Ισοζυγίου.....	69
<b>Κεφάλαιο Β-4: Δείκτες Απόδοσης του Προτύπου της IWA .....</b>	<b>71</b>
B-4.1 Μη-Ανταποδοτικό Νερό (νερό που δεν αποδίδει έσοδα – NRW) .....	72
B-4.2 Εμφανείς απώλειες.....	72
B-4.3 Πραγματικές απώλειες .....	73
B-4.4 Αναπόφευκτες Ετήσιες Πραγματικές Απώλειες (UARL) .....	74
B-4.5 Infrastructure Leakage Index (ILI – Δείκτης Διαρροών Υποδομών).....	76
B-4.6 Οικονομικό Επίπεδο Πραγματικών Απωλειών (ELL ή EARL).....	78
B-4.6.1. Ο δείκτης Economic Leakage Index (ELI) .....	80
<b>Κεφάλαιο Β-5: Λογισμικά υπολογισμού Υδατικού Ισοζυγίου και Δεικτών Απόδοσης .....</b>	<b>81</b>
B-5.1 LEAKS (Leakage Evaluation and Assessment Know-how Software) ομάδα λογισμικών .....	81
B-5.1.1. Λογισμικό CheckCalcs .....	81
B-5.1.2. Λογισμικό PIFastCalcs (www.leakssuite.com) .....	84
B-5.1.3. Λογισμικό PressCalcs (www.leakssuite.com) .....	84
B-5.1.4. Λογισμικό ALCCalcs (www.leakssuite.com) .....	84
B-5.1.5. Λογισμικό ELLCalcs (www.leakssuite.com) .....	84
B-5.1.6. Λογισμικό PreMOCalcs (www.leakssuite.com) .....	84
B-5.2 Λογισμικό Benchleak.....	85
B-5.3 Λογισμικό WBEasyCalc.....	85
B-5.4 Λογισμικό SigmaLite2.....	85
B-5.5 Λογισμικά WaterAudit και CUWCC.....	85
B-5.6 Λογισμικό AquaLite .....	85
B-5.7 Λογισμικό που αναπτύχθηκε .....	85
<b>Κεφάλαιο Β-6: Στρατηγική Διαρροών .....</b>	<b>86</b>
B-6.1 Ενεργός έλεγχος διαρροών (Active Leakage Control) .....	86
B-6.2 Διαχείριση πίεσης.....	86
B-6.3 Ταχύτητα και ποιότητα επισκευών .....	88
B-6.4 Διαχείριση αγωγών και συσκευών του δικτύου.....	89
B-6.5 Υπομέτρηση και αντιμετώπιση οικιακών διαρροών .....	90
<b>Κεφάλαιο Β-7: Συμπεράσματα - Προτάσεις .....</b>	<b>92</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕΡΟΥΣ Β .....</b>	<b>94</b>
<b>ΕΝΟΤΗΤΑ Γ: «Προσαρμογή μοντέλου διαχείρισης διαρροών δικτύων ύδρευσης» .....</b>	<b>95</b>
<b>Κεφάλαιο Γ-1: Υδατικό ισοζύγιο – Δείκτες Απόδοσης.....</b>	<b>97</b>
Γ-1.1 Υδατικό Ισοζύγιο - εφαρμογή.....	97
Γ-1.2 Δείκτες Απόδοσης.....	97

Γ-1.3 Παραδοχές .....	98
Κεφάλαιο Γ-2: Εφαρμογή σε δίκτυα ύδρευσης παγκόσμια.....	100
Κεφάλαιο Γ-3: Εφαρμογή στο δίκτυο ύδρευσης της Δ.Ε.Υ.Α. Λάρισας.....	101
Γ-3.1 Υδατικοί πόροι.....	101
Γ-3.2 Εσωτερικό Υδραγωγείο – Παραγωγή και Κατανάλωση Νερού .....	102
Γ-3.3 Δίκτυο Διανομής της Δ.Ε.Υ.Α.Λ.....	104
Γ-3.4 Υδατικό ισοζύγιο .....	106
Γ-3.5 Ανάλυση ευαισθησίας.....	107
Γ-3.5.1 Μη-Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση.....	107
Γ-3.5.2 Λάθη Μετρητών / Μετρήσεων.....	109
Γ-3.5.3 Αριθμός συνδέσεων .....	111
Γ-3.5.4 Infrastructure Leakage Index (ILI).....	112
Γ-3.6 Δείκτες Απόδοσης - Απώλειες Νερού .....	115
Γ-3.7 Δείκτες Απόδοσης - Εμφανείς Απώλειες .....	119
Γ-3.8 Δείκτες Απόδοσης - Μη Ανταποδοτικό Νερό (NRW) .....	120
Γ-3.9 Δείκτες Απόδοσης - ILI .....	122
Γ-3.10 Συμπεράσματα.....	123
Γ-3.11 Προτάσεις.....	124
Κεφάλαιο Γ-4: Εφαρμογή στο δίκτυο ύδρευσης Δ.Ε.Υ.Α. Κω .....	126
Γ-4.1 Υδατικοί πόροι.....	126
Γ-4.2 Εσωτερικό υδραγωγείο – Παραγωγή και κατανάλωση νερού.....	129
Γ-4.3 Δίκτυο διανομής της Δ.Ε.Υ.Α.Κ. ....	133
Γ-4.4 Υδατικό ισοζύγιο - Δεδομένα.....	136
Γ-4.5 Ανάλυση ευαισθησίας.....	137
Γ-4.5.1 Μη-Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση.....	137
Γ-4.5.2 Λάθη Μετρητών / Μετρήσεων.....	140
Γ-4.5.3 Αριθμός συνδέσεων .....	143
Γ-4.5.4 Infrastructure Leakage Index (ILI).....	144
Γ-4.6 Δείκτες Απόδοσης - Απώλειες Νερού .....	148
Γ-4.7 Δείκτες Απόδοσης - Εμφανείς Απώλειες .....	153
Γ-4.8 Δείκτες Απόδοσης - Μη Ανταποδοτικό Νερό (NRW) .....	156
Γ-4.9 Δείκτες Απόδοσης - ILI .....	158
Γ-4.10 Συμπεράσματα.....	160
Γ-4.11 Προτάσεις.....	162
Κεφάλαιο Γ-5: Συμπεράσματα – Προτάσεις.....	164
Γ-5.1 Συμπεράσματα .....	164
Γ-5.2 Προτάσεις.....	164
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕΡΟΥΣ Γ .....</b>	<b>167</b>
<b>ΕΝΟΤΗΤΑ Δ: «Εξέλιξη και εφαρμογή της μεθόδου DAC σε δίκτυα μεταφοράς ρευστών (πετρελαίου, φυσικού αερίου και νερού)» .....</b>	<b>169</b>
<b>Κεφάλαιο Δ-1: Χρήση Διαχωριστικής Ανάλυσης και Ταξινόμησης (DAC) για επίλυση προβλημάτων αξιοπιστίας.....</b>	<b>171</b>
Δ-1.1 Γενικά .....	171
Δ-1.2 Γενικότερες εφαρμογές των τεχνικών της διαχωριστικής ανάλυσης και ταξινόμησης.....	171
Δ-1.3 Γενικές αρχές διαχωριστικής ανάλυσης και ταξινόμησης (DAC).....	172
Δ-1.4 Χρήση της μεθόδου DAC σε αγωγούς.....	173

<b>Κεφάλαιο Δ-2: Διαχωριστική Ανάλυση (Discriminant Analysis- DA) .....</b>	<b>174</b>
Δ-2.1 Γενικά .....	174
Δ-2.2 Προϋποθέσεις .....	176
Δ-2.3 Ερμηνεία των διαχωριστικών συντελεστών .....	177
Δ-2.4 Έλεγχος της διαχωριστικής συνάρτησης.....	178
Δ-2.5 Επιλογή χαρακτηριστικών της επόμενης διαχωριστικής συνάρτησης .....	179
<b>Κεφάλαιο Δ-3: Ταξινόμηση (Classification) .....</b>	<b>181</b>
Δ-3.1 Γενικά .....	181
Δ-3.2 Κανόνες ταξινόμησης .....	181
Δ-3.3 Ποσοστά και πίνακας ταξινόμησης.....	183
<b>Κεφάλαιο Δ-4: Συσχέτιση Διαχωριστικής Ανάλυσης-Ταξινόμησης .....</b>	<b>185</b>
Δ-4.1 Γενικά .....	185
Δ-4.2 Πρόβλεψη της αξιοπιστίας ενός νέου ατόμου με το κριτήριο του κρίσιμου-Z.....	185
Δ-4.3 Έλεγχος εφαρμογής του διαγράμματος ταξινόμησης.....	186
Δ-4.4 Έλεγχος κανονικότητας της διαχωριστικής μεταβλητής .....	186
<b>Κεφάλαιο Δ-5: Χρήση Ομαδοποιημένων Μεταβλητών για βελτιστοποίηση πρόβλεψης Αξιοπιστίας Αγωγών Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου .....</b>	<b>187</b>
Δ-5.1 Γενικά .....	187
Δ-5.2 Η ανάγκη για υψηλή αξιοπιστία των αγωγών πετρελαίου και φυσικού αερίου .....	188
Δ-5.3 Η σημασία της χρήσης ομαδοποιημένων μεταβλητών στην αξιοπιστία .....	189
Δ-5.4 Απλές και ομαδοποιημένες μεταβλητές για τα δίκτυα μεταφοράς πετρελαίου και φυσικού αερίου της Βόρειας Θάλασσας και του Κόλπου του Μεξικού .....	190
<b>Κεφάλαιο Δ- 6: Εφαρμογή της Μεθόδου DAC σε Αγωγούς Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου της Βορείου Θάλασσας .....</b>	<b>192</b>
Δ-6.1 Γενικά .....	192
Δ-6.2 Σενάρια μελέτης αξιοπιστίας των αγωγών της Βορείου Θάλασσας .....	192
Δ-6.3 Αποτελέσματα και συζήτηση .....	193
<b>Κεφάλαιο Δ-7: Εφαρμογή της Μεθόδου DAC σε Αγωγούς Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου του Κόλπου του Μεξικού.....</b>	<b>199</b>
Δ-7.1 Γενικά .....	199
Δ-7.2 Σενάρια μελέτης αξιοπιστίας των αγωγών του Κόλπου του Μεξικού.....	199
Δ-7.3 Αποτελέσματα και συζήτηση .....	200
<b>Κεφάλαιο Δ-8: Πρόβλεψη αξιοπιστίας αγωγών με την μέθοδο DAC χρησιμοποιώντας το χρονικό βήμα .....</b>	<b>204</b>
Δ-8.1 Χρονικό βήμα .....	204
Δ-8.2 Αποτελέσματα για την περίπτωση των δύο περιόδων .....	205
Δ-8.3 Αποτελέσματα για την περίπτωση των επτά περιόδων.....	206
<b>Κεφάλαιο Δ-9: Εφαρμογή της μεθόδου DAC σε δίκτυα μεταφοράς νερού .....</b>	<b>209</b>
Δ-9.1 Προϋποθέσεις εφαρμογής μεθόδου DAC .....	209
Δ-9.1.1. Ανάλυση ΔΑΕΑ (SWOT) της μεθόδου DAC.....	209
Δ-9.2 Προηγούμενη εφαρμογή της μεθόδου DAC σε δίκτυα ύδρευσης.....	210

Δ-9.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τους ρυθμούς αποτυχιών των αγωγών ύδρευσης .....	211
Δ-9.3.1. Επίδραση της ηλικίας των αγωγών στην επιδείνωση της κατάστασης των αγωγών.....	212
Δ-9.3.2. Επίδραση του υλικού των αγωγών στους ρυθμούς αποτυχιών τους .....	212
Δ-9.3.3. Επίδραση της διαμέτρου των αγωγών στους ρυθμούς αποτυχιών τους.....	213
Δ-9.3.4. Επίδραση της κατάστασης του εδάφους στους ρυθμούς αποτυχιών των αγωγών.....	213
Δ-9.3.5. Επίδραση των συνθηκών κυκλοφορίας και φορτίων στους ρυθμούς αποτυχιών των αγωγών .....	213
Δ-9.3.6. Επίδραση της αρχικής κατάστασης των αγωγών και προηγούμενων αποτυχιών στους ρυθμούς αποτυχιών .....	214
Δ-9.4 Συλλογή απαραίτητων δεδομένων - Αρχεία απογραφής αστοχιών αγωγών ύδρευσης .....	214
Δ-9.5 Δίκτυο ύδρευσης Λάρισας.....	215
Δ-9.6 Δίκτυο ύδρευσης Λάρνακας.....	216
Δ-9.7 Προσπάθεια εφαρμογής της μεθόδου DAC στο δίκτυο ύδρευσης της Λάρισας .....	218
Δ-9.7.1 Αποτελέσματα - συζήτηση .....	220
Δ-9.8 Εφαρμογή της μεθόδου DAC στο δίκτυο ύδρευσης της Λάρισας με χρονικό βήμα.....	224
Δ-9.8.1 Αποτελέσματα - συζήτηση .....	224
Κεφάλαιο Δ-10: Συμπεράσματα - Προτάσεις .....	227
BIBLIOΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕΡΟΥΣ Δ .....	230

ΕΝΟΤΗΤΑ Ε: «Νέες πρακτικές στη διαχείριση του πόσιμου νερού και προσδιορισμός της αξίας και της τιμής του».....	233
Κεφάλαιο Ε-1: Κοστολόγηση του αστικού νερού.....	235
Ε-1.1 Γενικές αρχές.....	235
Ε-1.2 Ανάκτηση του πλήρους κόστους του νερού.....	235
Ε-1.3 Άμεσο Κόστος (ΑΚ).....	236
Ε-1.4 Περιβαλλοντικό Κόστος (ΠΚ).....	236
Ε-1.5 Το Κόστος του Φυσικού Πόρου προέλευσης του νερού (ΚΦΠ).....	239
Ε-1.6 Ορθολογική κατανομή του κόστους .....	240
Ε-1.7 Κατανομή του πλήρους κόστους των απωλειών νερού .....	242
Ε-1.8 Ολοκληρωμένη μεθοδολογία υπολογισμού του πλήρους κόστους του αστικού νερού.....	244
Κεφάλαιο Ε-2: Τιμολόγηση του αστικού νερού .....	247
Ε-2.1 Οι νέες προκλήσεις της τιμολόγησης νερού .....	247
Ε-2.2 Είδη αστικής κατανάλωσης νερού - Παράγοντες επιρροής.....	247
Ε-2.3 Δείκτες ελαστικότητας της ζήτησης .....	248
Ε-2.4 Η τιμολόγηση του αστικού νερού ως δράση εξοικονόμησής του.....	248
Ε-2.5 Ο ρόλος των απωλειών νερού στη διαμόρφωση της τιμής του .....	251
Κεφάλαιο Ε-3: Εργαλεία χρηματοδότησης κατασκευής και αναβάθμισης δικτύων αστικού νερού.....	252
Ε-3.1 Οι Συμπράξεις Δημόσιου Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ) .....	252

E-3.2 Αρχέτυποι των ΣΔΙΤ.....	253
E-3.3 Οι τύποι των ΣΔΙΤ .....	256
E-3.4 Οι ΣΔΙΤ και ο τομέας του αστικού νερού .....	258
E-3.5 Συμβόλαια σύνδεσης αμοιβής-απόδοσης .....	260
E-3.6 Κρίσιμοι παράγοντες.....	262
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕΡΟΥΣ Ε .....</b>	<b>264</b>
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ – ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ.....</b>	<b>267</b>
Σύνοψη διατριβής.....	269
Συμπεράσματα - Προτάσεις .....	272
Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα .....	275
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....</b>	<b>277</b>
Παράρτημα Α: Δράσεις της Οδηγίας.....	278
ΠΑ-1.1 Δράσεις πρώτης φάσης και αλληλουχία τους.....	278
ΠΑ-1.1.1. Προσδιορισμός υδατίνων σωμάτων (ΥΣ) – Ένταξη ΥΣ σε Υδατικές Περιφέρειες .....	278
ΠΑ-1.1.2. Ανάλυση Πιέσεων – Επιπτώσεων .....	281
ΠΑ-1.1.3. Μητρώο προστατευόμενων περιοχών.....	283
ΠΑ-1.1.4. Οικονομική Ανάλυση .....	283
ΠΑ-1.1.5. Σύνταξη προγραμμάτων παρακολούθησης.....	284
ΠΑ-1.1.6. Τυποχαρακτηριστικές συνθήκες αναφοράς.....	285
ΠΑ-1.2 Δράσεις δεύτερης φάσης και αλληλουχία τους.....	287
ΠΑ-1.3 Κοινή στρατηγική εφαρμογής – Υποστηρικτικά όργανα.....	289
Παράρτημα Β: Δείκτες Απόδοσης.....	291
Παράρτημα Γ: Λογισμικό WB EasyCalc .....	298
Παράρτημα Δ: Εργαλείο υπολογισμού Υδατικού Ισοζυγίου και Δεικτών Απόδοσης                   308	

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

<b>Πίνακας Α-1.1.</b> Απώλειες νερού λόγω της τιμής του NRW στις χώρες παγκοσμίως (Liemberger et al., 2007) .....	22
<b>Πίνακας Α-1.2.</b> Απώλειες εσόδων λόγω της τιμής του NRW στις χώρες παγκοσμίως (Liemberger et al., 2007) .....	22
<b>Πίνακας Α-1.3.</b> Αποθέματα Κατανάλωσης σε $m^3/inh \cdot yr$ στις Περιφέρειες της Ελλάδας .....	23
<b>Πίνακας Α-2.1.</b> Τα άρθρα της Οδηγίας .....	27
<b>Πίνακας Α-2.2.</b> Χρονοδιάγραμμα υλοποίησης στόχων της Οδηγίας .....	28
<b>Πίνακας Α-2.3.</b> Αριθμός σταθμών δικτύων επισκόπησης για τα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά για τα 27ΚΜ (εποπτ:εποπτική, επιχ:επιχειρησιακή, ποσοτ:ποσοτική παρακολούθηση) (Πηγή: CEC 2009) .....	39
<b>Πίνακας Α-3.1.</b> Υδατικά Διαμερίσματα & Διοικ. Περιφέρειες .....	47
<b>Πίνακας Α-3.2.</b> Στελέχωση ΔΥΠ .....	47
<b>Πίνακας Α-3.3.</b> Οι προτεινόμενες 7 Υδρολογικές Περιφέρειες με τις Κεντρικές τους Διευθύνσεις .....	48
<b>Πίνακας Α-4.1.</b> Συντομογραφίες ΚΜ .....	56
<b>Πίνακας Β-4.1.</b> Δείκτες Απόδοσης της IWA (Alegre et al., 2006) .....	71
<b>Πίνακας Β-4.2.</b> Σχόλια για την καταλληλότητα των διαφόρων εκφράσεων των δεικτών απόδοσης (Alegre et al. 2006, Liemberger et al., 2007a,b) .....	76
<b>Πίνακας Β-4.3.</b> Οι τιμές στόχοι του IPI για τις ανεπτυγμένες και τις αναπτυσσόμενες χώρες (Liemberger et al., 2007a) .....	77
<b>Πίνακας Γ-1.1.</b> Οι δείκτες απόδοσης που υπολογίζονται για την Δ.Ε.Υ.Α.Λ. και την Δ.Ε.Υ.Α.Κ. (Alegre et al., 2006) .....	97
<b>Πίνακας Γ-1.2.</b> Οι δείκτες απόδοσης που μεταβάλλονται με την ανάλυση ευαισθησίας .....	99
<b>Πίνακας Γ-3.1.</b> Στοιχεία γεωτρήσεων Πλατανουλίων. ....	101
<b>Πίνακας Γ-3.2.</b> Αγωγοί μεταφοράς από τις γεωτρήσεις στις κεντρικές υπόγειες δεξαμενές .....	101
<b>Πίνακας Γ-3.3.</b> Μήκη, διάμετροι και υλικό αγωγών μεταφοράς από ΔΕΥΑΛ σε Αγία Παρασκευή και Μεζούρλο .....	102
<b>Πίνακας Γ-3.4.</b> Κατανομή μηκών αγωγών κατά υλικό και έτος τοποθέτησης (έτος βάσης 2005) .....	104
<b>Πίνακας Γ-3.5.</b> Κατανομή ανά υλικό αγωγών από το 2000 έως το 2005 .....	104
<b>Πίνακας Γ-3.6.</b> Μέγιστες και ελάχιστες τιμές των ποσοστιαίων μεταβολών των δεικτών απόδοσης .....	109
<b>Πίνακας Γ-3.7.</b> Πίεση λειτουργίας ανά ζώνη .....	114
<b>Πίνακας Γ-3.8.</b> Μέση τιμή πώλησης νερού για την περίπτωση της Λάρισας .....	116
<b>Πίνακας Γ-3.9.</b> Τιμές του IPI (min, max) για εύρος συνδέσεων από 13.000 έως 24.000 για όλα τα έτη .....	122
<b>Πίνακας Γ-4.1.</b> Γεωτρήσεις και δεξαμενές εξωτερικού υδραγωγείου Δ.Ε.Υ.Α.Κ. ....	126
<b>Πίνακας Γ-4.2.</b> Όγκος νερού που παράγεται από τις γεωτρήσεις του εξωτερικού υδραγωγείου Δ.Ε.Υ.Α.Κ. 1996-2008 ( $m^3/έτος$ ). ....	127
<b>Πίνακας Γ-4.3.</b> Πληθυσμός υδρευόμενος από την Δ.Ε.Υ.Α.Κ. ....	129
<b>Πίνακας Γ-4.4.</b> Αντιστοίχιση εξαμήνων και διμήνων όσον αφορά την κατανάλωση στο δίκτυο της Δ.Ε.Υ.Α.Κ. ....	130

<b>Πίνακας Γ-4.5.</b> Κατανομή μηκών αγωγών ανά υλικό και έτος τοποθέτησης (βάση: 2008).....	133
<b>Πίνακας Γ-4.6.</b> Μέση τιμή χρέωσης νερού από την Δ.Ε.Υ.Α.Κ. ανά εξάμηνο .....	148
<b>Πίνακας Γ-4.7.</b> Τιμές του ILI (min, max) για εύρος συνδέσεων από 3.000 έως 7.000 για όλα τα έτη ανά εξάμηνο .....	158
<b>Πίνακας Δ-5.1.</b> Απλές και ομαδοποιημένες μεταβλητές για την ΒΘ και τον ΚΜ.....	190
<b>Πίνακας Δ-5.2.</b> Μέσος όρος, τυπική απόκλιση, μέγιστη (MAX) και ελάχιστη (MIN) τιμή για τις μεταβλητές της ΒΘ και του ΚΜ.....	190
<b>Πίνακας Δ-6.1.</b> Αρχεία Απογραφής και Αρχεία Συμβάντων για τη Βόρεια Θάλασσα	192
<b>Πίνακας Δ-6.2.</b> Σενάρια για την ΒΘ.....	193
<b>Πίνακας Δ-6.3.</b> Αποτελέσματα για την ΒΘ (μέρος Ι) .....	193
<b>Πίνακας Δ-6.4.</b> Αποτελέσματα για την ΒΘ (μέρος ΙΙ) .....	194
<b>Πίνακας Δ-6.5.</b> Μη-κανονικοποιημένοι συντελεστές ( $U_i$ ) για το δίκτυο της ΒΘ .....	196
<b>Πίνακας Δ-7.1.</b> Αρχεία Απογραφής και Αρχεία Γεγονότων για τον Κόλπο του Μεξικού .....	199
<b>Πίνακας Δ-7.2.</b> Σενάρια για τον ΚΜ.....	200
<b>Πίνακας Δ-7.3.</b> Αποτελέσματα για τον ΚΜ (μέρος Ι).....	200
<b>Πίνακας Δ-7.4.</b> Αποτελέσματα για τον ΚΜ (μέρος ΙΙ) .....	201
<b>Πίνακας Δ-7.5.</b> Μη-κανονικοποιημένοι συντελεστές ( $U_i$ ) για το δίκτυο του ΚΜ.....	201
<b>Πίνακας Δ-8.1.</b> Αποτελέσματα Διαχωριστικής Ανάλυσης για τις δύο περιόδους .....	205
<b>Πίνακας Δ-8.2.</b> Αποτελέσματα της Διαχωριστικής Ανάλυσης για τις πέντε περιόδους .....	207
<b>Πίνακας Δ-9.1.</b> Παράγοντες που επηρεάζουν τους ρυθμούς αποτυχιών των αγωγών (Πηγή: <i>US Environmental Protection Agency, 2006</i> ) .....	211
<b>Πίνακας Δ-9.2.</b> Τύπος δεδομένων που συλλέγονται από τις Σουηδικές εταιρείες παροχής νερού (Πηγή: <i>US Environmental Protection Agency 2006</i> ) .....	211
<b>Πίνακας Δ-9.3.</b> Σχετικοί ρυθμοί αποτυχιών για διαφορετικά υλικά αγωγών που χρησιμοποιούνται σε συστήματα διανομής νερού (Πηγή: <i>Eisenbeis, et al., 2000</i> ).....	213
<b>Πίνακας Δ-9.4.</b> Αντικαταστάσεις (m μήκους) και επισκευές (τεμ.) αγωγών ανά υλικό στο δίκτυο της Λάρισας.....	215
<b>Πίνακας Δ-9.5.</b> Βλάβες του δικτύου ύδρευσης της Λάρνακας .....	216
<b>Πίνακας Δ-9.6.</b> Δεδομένα δικτύου Λάρισας για την εφαρμογή της DAC .....	219
<b>Πίνακας Δ-9.7.</b> Ομαδοποιημένες μεταβλητές .....	220
<b>Πίνακας Δ-9.8.</b> Μεταβλητές ανά σενάριο .....	220
<b>Πίνακας Δ-9.9.</b> Αποτελέσματα για το δίκτυο της Λάρισας (μέρος Ι) .....	220
<b>Πίνακας Δ-9.10.</b> Αποτελέσματα για το δίκτυο της Λάρισας (μέρος ΙΙ).....	221
<b>Πίνακας Δ-9.11.</b> Μη-κανονικοποιημένοι συντελεστές ( $U_i$ ).....	222
<b>Πίνακας Δ-9.12.</b> Δεδομένα δικτύου Λάρισας για την εφαρμογή του χρονικού βήματος .....	224
<b>Πίνακας Δ-9.13.</b> Αποτελέσματα για το δίκτυο της Λάρισας.....	225
<b>Πίνακας Δ-9.14.</b> Μη-κανονικοποιημένοι συντελεστές ( $U_i$ ).....	226
<b>Πίνακας Ε-3.1.</b> Εναλλακτικές μορφές ΣΔΙΤ (World Bank, 1997).....	257
<b>Πίνακας Ε-3.2.</b> Κατανομή ρόλων μεταξύ του Δημοσίου και του Ιδιώτη (Kanakoudis et al., 2005 a,b) .....	257
<b>Πίνακας Ε-3.3.</b> Κίνδυνοι και κατανομή τους (Kanakoudis et al., 2005 a,b).....	258
<b>Πίνακας Ε-3.4.</b> Εκτιμώμενη Αξία του NRW (Liemberger et al., 2007).....	259
<b>Πίνακας Ε-3.5.</b> Όγκος του NRW (δισ $m^3$ /έτος) (Liemberger et al., 2007).....	259



<b>Πίνακας ΠΒ.Π-1.1.</b> Δείκτες απόδοσης ανά κατηγορία (89 από τους 170) (Alegre et al. 2006).....	291
<b>Πίνακας ΠΒ.Π-1.1.</b> συνέχεια (81 από τους 170) (Alegre et al. 2006).....	292
<b>Πίνακας ΠΒ.Π-1.2.</b> Μεταβλητές για τον υπολογισμό των δεικτών (Alegre et al. 2006) .....	292
<b>Πίνακας ΠΒ.Π-1.2.</b> συνέχεια .....	295

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα A-2.1. Αρχική αποτίμηση συμμόρφωσης της εναρμόνισης με την Οδηγία (Πηγή: CEC 2007b).....	29
Σχήμα A-2.2. (α) Μεγέθη ΛΑΠ & (β) Δείκτης Απόδοσης Άρθρου 3 (BG & RO: εκτίμηση) (Πηγή: CEC 2007b).....	30
Σχήμα A-2.3. Μέσο μέγεθος (Km <sup>2</sup> ) (α) ΛΑΠ και (β) υπόγειων υδροφορέων στα ΚΜ (Πηγή: CEC 2007b).....	32
Σχήμα A-2.4. Ποσοστό επισφαλών (α) επιφανειακών & (β) υπόγειων υδατικών πόρων (Πηγή: CEC 2007b).....	32
Σχήμα A-2.5. (α) Στοιχεία πιέσεων, (β) αιτίες πιέσεων, (γ) τομείς ανάκτησης κόστους (Πηγή: CEC 2007b).....	35
Σχήμα A-2.6. Δείκτες απόδοσης συνολικά για (α) το Άρθ.5 και (β) την υποβολή των εκθέσεων (Πηγή: CEC 2007b).....	36
Σχήμα A-2.7. Δείκτης απόδοσης για (α) ανάλυση χαρακτηριστικών (πιέσεις/επιπτώσεις /επικινδυνότητα), (β) επιφανειακούς υδατικούς πόρους, (γ) υπόγειους υδατικούς πόρους και (δ) οικονομική ανάλυση (για BG, RO τα στοιχεία βασίζονται στην προκαταρκτική ανάλυση) (Πηγή: CEC 2007b).....	37
Σχήμα A-2.8. Ημερομηνίες αναφορών των ΚΜ για την εφαρμογή του άρθρου 8 (Πηγή: CEC 2009).....	39
Σχήμα A-3.1. Διοικητική διάρθρωση.....	45
Σχήμα A-3.2. Φορείς, όργανα και αρμοδιότητες στα πλαίσια του Νόμου 3199/2003 ..	46
Σχήμα A-3.3. Χωρισμός της χώρας σε 7 Υδατικά Διαμερίσματα .....	48
Σχήμα B-3.1. Τροποποιημένο Υδατικό Ισοζύγιο (McKenzie et al., 2007).....	69
Σχήμα B-3.2. Προτεινόμενο Τροποποιημένο Υδατικό Ισοζύγιο .....	70
Σχήμα B-4.1. Τα συστατικά των Εμφανών Απωλειών (Farley and Trow 2003).....	73
Σχήμα B-4.2. Διαδικασία επιλογής δείκτη απόδοσης για τη λειτουργική διαχείριση των Πραγματικών Απωλειών (Farley and Trow 2003).....	74
Σχήμα B-4.3. Οι τέσσερις βασικές μέθοδοι για την διαχείριση των πραγματικών απωλειών (Farley and Trow 2003).....	76
Σχήμα B-4.4. Η σχέση μεταξύ λειτουργικού κόστους και επιπέδου απωλειών (Farley and Trow, 2003) .....	78
Σχήμα B-5.1. Τα 2 βήματα του λογισμικού CheckCalcs (www.leakssuite.com) .....	81
Σχήμα B-5.2. Υπολογισμοί Υδατικού Ισοζυγίου (www.leakssuite.com).....	82
Σχήμα B-5.3. Οι δείκτες απόδοσης καλών πρακτικών για NRW, Εμφανείς και Πραγματικές Απώλειες (www.leakssuite.com).....	82
Σχήμα B-5.4. Πιθανές ευκαιρίες και ενέργειες για τη βελτίωση της απόδοσης της διαχείρισης της πίεσης (www.leakssuite.com).....	83
Σχήμα B-5.5. Πιθανές ευκαιρίες διαχείρισης της πίεσης (www.leakssuite.com) .....	83
Σχήμα B-6.1. Τυπικό διάγραμμα ημερήσιας μεταβολής της πίεσης λειτουργίας.....	87
Σχήμα B-6.2. Αντισταθμιστικά οφέλη από τα μέτρα μείωσης των διαρροών .....	88
Σχήμα B-6.3. Καμπύλη σφάλματος μετρητή (L/h) .....	90
Σχήμα Γ-3.1. Παραγωγή και Κατανάλωση νερού στο δίκτυο της Λάρισας 1986-2006 .....	103
Σχήμα Γ-3.2. Η διαφορά παγίου σαν % του εισερχόμενου νερού, της τιμολογούμενης εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης και των πραγματικών απωλειών για το δίκτυο της Λάρισας.....	103

Σχήμα Γ-3.3. (α) Αγωγοί δικτύου, (β) αγωγοί μεταφοράς, (γ) δευτερεύον δίκτυο (Φ<200), (δ) δευτερεύον δίκτυο (Φ>200) και (ε) οικιακές παροχές για το δίκτυο της Λάρισας (ανά υλικό και διάμετρο – έτος αναφοράς 2005).....	105
Σχήμα Γ-3.4. Το Υδατικό Ισοζύγιο της IWA για το δίκτυο της Λάρισας για τα έτη (α) 2001 και (β) 2006 .....	106
Σχήμα Γ-3.5. Δεδομένα υδατικού ισοζυγίου για την περίπτωση της Λάρισας 2001-2006 (α) σε m <sup>3</sup> /έτος και (β) σε % του εισερχόμενου όγκου του νερού.....	107
Σχήμα Γ-3.6. Μεταβολή των Εμφανών και Πραγματικών Απωλειών όταν η μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση από 1% του ετήσιου εισερχόμενου νερού γίνεται 0% 108	
Σχήμα Γ-3.7. Μεταβολή του ILI όταν η μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση από 1% του ετήσιου εισερχόμενου νερού γίνεται 0% για 7.000 και 24.000 συνδέσεις.....	108
Σχήμα Γ-3.8. Ποσοστιαία μεταβολή των Εμφανών Απωλειών, των Πραγματικών Απωλειών και του ILI όταν η μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση από 1% του ετήσιου εισερχόμενου νερού γίνεται 0% .....	109
Σχήμα Γ-3.9. Μεταβολή του ILI για σφάλματα μετρητών από 3-15% του εισερχόμενου όγκου του νερού για 7.000 συνδέσεις .....	110
Σχήμα Γ-3.10. Ποσοστιαία μεταβολή των εμφανών απωλειών για κάθε ποσοστιαία μεταβολή των ανακριβειών των μετρήσεων .....	110
Σχήμα Γ-3.11. Ποσοστιαία μεταβολή των πραγματικών απωλειών και του ILI για κάθε ποσοστιαία μεταβολή των ανακριβειών των μετρήσεων .....	111
Σχήμα Γ-3.12. Μεταβολή της πυκνότητας συνδέσεων με τον αριθμό συνδέσεων.....	112
Σχήμα Γ-3.13. (α) Μεταβολή των τιμών του ILI ανάλογα για μέσο μήκος αγωγού σύνδεσης από 1-10m και για 7.000-24.000 συνδέσεις (2006), (β) Πραγματικές Απώλειες και UARL ανά σύνδεση και (γ) ILI και % μεταβολή για διαφορετικό αριθμό συνδέσεων .....	113
Σχήμα Γ-3.14. Ποσοστιαία μεταβολή των δεικτών απόδοσης ανά 1.000 συνδέσεις. 114	
Σχήμα Γ-3.15. Ποσοστιαία μεταβολή (α) των UARL και (β) του ILI ανά 1m μέσο μήκος αγωγού σύνδεσης.....	115
Σχήμα Γ-3.16. (α) Όγκος απωλειών νερού ανά έτος και (β) αξία απωλειών νερού ανά έτος για την Δ.Ε.Υ.Α.Λ. ....	116
Σχήμα Γ-3.17. Απώλειες νερού ανά σύνδεση ανά έτος για την Δ.Ε.Υ.Α.Λ. ....	117
Σχήμα Γ-3.18. Απώλειες νερού και Πραγματικές απώλειες ανά μήκος αγωγών ανά ημέρα .....	118
Σχήμα Γ-3.19. Πραγματικές απώλειες ανά σύνδεση ανά ημέρα.....	118
Σχήμα Γ-3.20. Εμφανείς απώλειες ως % της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης.....	119
Σχήμα Γ-3.21. Εμφανείς απώλειες σε lt/σύνδεση/ημέρα για αριθμό συνδέσεων από 13.000 έως 24.000 .....	120
Σχήμα Γ-3.22. Μη ανταποδοτικό νερό σε όγκο (%) για την Δ.Ε.Υ.Α.Λ. ....	120
Σχήμα Γ-3.23. Μη ανταποδοτικό νερό σε (α) lt/σύνδεση/ημέρα και (β) m <sup>3</sup> /km αγωγών/έτος .....	121
Σχήμα Γ-3.24. Τιμές ILI για αριθμό συνδέσεων από 13.000 έως 24.000 .....	122
Σχήμα Γ-4.1. Συνεισφορά γεωτρήσεων στην (α) Ιταλική δεξαμενή, (β) Ελληνική δεξαμενή, (γ) δεξαμενή Νεκροταφείου και (δ) δεξαμενή Σφαγείων (m <sup>3</sup> /έτος) .....	128
Σχήμα Γ-4.2. Συνεισφορά κάθε δεξαμενής στο σύνολο του όγκου του αντλούμενου νερού (m <sup>3</sup> /έτος).....	129
Σχήμα Γ-4.3. Παραγωγή και Κατανάλωση νερού στο δίκτυο της Κω 1999-2007 .....	130
Σχήμα Γ-4.4. Καταναλωθέντα και χρεωθέντα κυβικά νερού στο δίκτυο της Κω ανά δίμηνο 1999-2008.....	131

Σχήμα Γ-4.5. Όγκος νερού που παράγεται, καταναλώνεται και χρεώνεται ανά εξάμηνο στο δίκτυο της Κω 1999-2008.....	131
Σχήμα Γ-4.6. Διαφορά του παγίου ως ποσοστό επί της κατανάλωσης ανά εξάμηνο για το δίκτυο της Κω 1999-2008.....	132
Σχήμα Γ-4.7. Διαφορά του παγίου ως ποσοστό επί της κατανάλωσης σε ετήσια βάση για το δίκτυο της Κω 1999-2007.....	132
Σχήμα Γ-4.8. Το δίκτυο της Δ.Ε.Υ.Α. Κω.....	133
Σχήμα Γ-4.9. Συγκεντρωτικά και ανά υλικό και διάμετρο οι αγωγοί για το δίκτυο της Δ.Ε.Υ.Α.Κ. (έτος αναφοράς 2008).....	134
Σχήμα Γ-4.10. Αγωγοί δικτύου Δ.Ε.Υ.Α.Κ. ανά είδος, υλικό και διάμετρο (έτος αναφοράς 2008) (α) ανά είδος, (β) αγωγοί μεταφοράς, (γ) αγωγοί διανομής και (δ) αγωγοί συνδέσεων καταναλωτών.....	135
Σχήμα Γ-4.11. Το Υδατικό Ισοζύγιο της IWA για το δίκτυο της Κω για (α) το 1 <sup>ο</sup> εξάμηνο του 2000 και (β) το 2 <sup>ο</sup> του 2007.....	136
Σχήμα Γ-4.12. Μεταβολή των Εμφανών και Πραγματικών Απωλειών όταν η μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση από 1% του ετήσιου εισερχόμενου νερού γίνεται 0%.....	137
Σχήμα Γ-4.13. Δεδομένα υδατικού ισοζυγίου για την περίπτωση της Κω (α) σε m <sup>3</sup> /εξάμηνο για το 1 <sup>ο</sup> εξάμηνο, (β) σε m <sup>3</sup> /εξάμηνο για το 2 <sup>ο</sup> εξάμηνο, (γ) ως % επί του εισερχόμενου όγκου για το 1 <sup>ο</sup> εξάμηνο και (δ) ως % επί του εισερχόμενου όγκου για το 2 <sup>ο</sup> εξάμηνο (1999-2008).....	138
Σχήμα Γ-4.14. Μεταβολή του ILI όταν η μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση από 1% του ετήσιου εισερχόμενου νερού γίνεται 0% για 3.000 και 7.000 συνδέσεις για (α) το 1 <sup>ο</sup> εξάμηνο και (β) το 2 <sup>ο</sup> εξάμηνο.....	139
Σχήμα Γ-4.15. Ποσοστιαία μεταβολή των Εμφανών Απωλειών, των Πραγματικών Απωλειών και του ILI όταν η μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση από 1% του ετήσιου εισερχόμενου νερού γίνεται 0%.....	140
Σχήμα Γ-4.16. Μεταβολή του ILI για σφάλματα μετρήτων από 3-15% του εισερχόμενου όγκου του νερού για 7.000 συνδέσεις για (α) το 1 <sup>ο</sup> και (β) το 2 <sup>ο</sup> εξάμηνο.....	141
Σχήμα Γ-4.17. Ποσοστιαία μεταβολή των εμφανών απωλειών για κάθε ποσοστιαία μεταβολή των ανακριβειών των μετρήσεων.....	142
Σχήμα Γ-4.18. Ποσοστιαία μεταβολή των πραγματικών απωλειών και του ILI για κάθε ποσοστιαία μεταβολή των ανακριβειών των μετρήσεων για (α) το 1 <sup>ο</sup> εξάμηνο και (β) το 2 <sup>ο</sup> εξάμηνο.....	143
Σχήμα Γ-4.19. Μεταβολή της πυκνότητας συνδέσεων με τον αριθμό συνδέσεων.....	144
Σχήμα Γ-4.20. Μεταβολή των τιμών του ILI ανάλογα με το μέσο μήκος αγωγού σύνδεσης από 1-10m και για 1.000-13.000 συνδέσεις για (α) το 1 <sup>ο</sup> εξάμηνο του 2008 και (β) το 2 <sup>ο</sup> εξάμηνο του 2007.....	145
Σχήμα Γ-4.21. Πραγματικές Απώλειες και UARL ανά σύνδεση για εύρος αριθμού συνδέσεων (α) από 1.000 έως 13.000 και (β) από 3.000 έως 7.000.....	146
Σχήμα Γ-4.22. Ποσοστιαία μεταβολή των δεικτών απόδοσης ανά 1.000 συνδέσεις.....	147
Σχήμα Γ-4.23. Ποσοστιαία μεταβολή (α) των UARL και (β) του ILI ανά 1m μέσο μήκος αγωγού σύνδεσης.....	148
Σχήμα Γ-4.24. Όγκος απωλειών νερού ανά εξάμηνο για το (α) 1 <sup>ο</sup> εξάμηνο και (β) 2 <sup>ο</sup> εξάμηνο.....	150
Σχήμα Γ-4.25. Αξία απωλειών νερού ανά εξάμηνο για το (α) 1 <sup>ο</sup> εξάμηνο και (β) 2 <sup>ο</sup> εξάμηνο.....	150

Σχήμα Γ-4.26. Απώλειες νερού ανά σύνδεση ανά έτος για το (α) 1 <sup>ο</sup> εξάμηνο και (β) 2 <sup>ο</sup> εξάμηνο.....	151
Σχήμα Γ-4.27. Απώλειες νερού και πραγματικές απώλειες ανά μήκος αγωγών ανά έτος για το (α) 1 <sup>ο</sup> εξάμηνο και (β) 2 <sup>ο</sup> εξάμηνο .....	152
Σχήμα Γ-4.28. Πραγματικές απώλειες ανά σύνδεση ανά ημέρα για το (α) 1 <sup>ο</sup> εξάμηνο και (β) 2 <sup>ο</sup> εξάμηνο .....	153
Σχήμα Γ-4.29. Εμφανείς απώλειες σαν % της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης και για τα δύο εξάμηνα.....	154
Σχήμα Γ-4.30. Εμφανείς απώλειες σε lt/σύνδεση/ημέρα για αριθμό συνδέσεων από 3.000 έως 7.000 για το (α) 1 <sup>ο</sup> εξάμηνο και (β) 2 <sup>ο</sup> εξάμηνο .....	155
Σχήμα Γ-4.31. Μη ανταποδοτικό νερό σε όγκο (%) για τα δύο εξάμηνα.....	156
Σχήμα Γ-4.32. NRW (α) σε lt/σύνδεση/ημέρα για το 1 <sup>ο</sup> εξάμ., (β) σε lt/σύνδεση/ημέρα για το 2ο εξάμ. & (γ) σε m <sup>3</sup> /km αγωγών/εξάμ. και για τα 2 εξάμηνα.....	157
Σχήμα Γ-4.33. Τιμές ILI για (α) αριθμό συνδέσεων από 1.000 έως 13.000 για το 1 <sup>ο</sup> εξάμηνο, (β) αριθμό συνδέσεων από 1.000 έως 13.000 για το 2 <sup>ο</sup> εξάμηνο, (γ) αριθμό συνδέσεων από 3.000 έως 7.000 για το 1 <sup>ο</sup> εξάμηνο και (δ) αριθμό συνδέσεων από 3.000 έως 7.000 για το 2 <sup>ο</sup> εξάμηνο.....	159
Σχήμα Δ-2.1: Κατανομή πυκνότητας πιθανότητας της μεταβλητής Z.....	176
Σχήμα Δ-6.1. (α) Το $\Lambda$ του Wilk και το CCC (R) και (β) τα ποσοστά σωστής ταξινόμησης για τους αγωγούς που απέτυχαν, επέζησαν και συνολικά και για τα δίκτυα της ΒΘ και του ΚΜ.....	195
Σχήμα Δ-6.2. Μη-κανονικοποιημένοι συντελεστές για την περίπτωση της ΒΘ.....	197
Σχήμα Δ-6.3. (α) Οι τιμές του κρίσιμου Z και (β) οι πιθανότητες σωστής ταξινόμησης με βάση το κριτήριο του κρίσιμου Z και για το δίκτυο της ΒΘ και του ΚΜ.....	198
Σχήμα Δ-7.1. Μη-κανονικοποιημένοι συντελεστές ( $U_i$ ) για τον ΚΜ.....	202
Σχήμα Δ-7.2. Οι τιμές του Z για το σενάριο 1 για το δίκτυο (α) της ΒΘ και (β) του ΚΜ .....	203
Σχήμα Δ-8.1. Ο αριθμός των αγωγών που απέτυχαν και επέζησαν (α) για δύο και (β) για επτά χρονικά διαστήματα .....	204
Σχήμα Δ-8.2. Το $\Lambda$ του Wilk, το CCC, και τα ποσοστά E <sub>Ff</sub> , E <sub>Fs</sub> και E <sub>Ft</sub> (α) για δύο και (β) για πέντε χρονικές περιόδους. ....	206
Σχήμα Δ-8.3. Μη-κανονικοποιημένοι συντελεστές για τις τέσσερις περιόδους.....	207
Σχήμα Δ-8.4. Ποσοστά σωστής πρόβλεψης για την περίπτωση των τεσσάρων περιόδων .....	208
Σχήμα Δ-9.1. Ανάλυση ΔΑΕΑ (SWOT) για την μέθοδο DAC.....	210
Σχήμα Δ-9.2. Εντολή προς το συνεργείο για αποκατάσταση βλάβης (ΔΕΥΑ Λάρισας) .....	215
Σχήμα Δ-9.3. (α) Αγωγοί δικτύου Λάρνακας ανά υλικό, (β) αγωγοί μεταφοράς, (γ) δευτερεύον δίκτυο και (δ) οικιακές παροχές ανά υλικό και διάμετρο .....	217
Σχήμα Δ-9.4. Βλάβες αγωγών (α) αμιαντοσιμέντου και (β) LDPE.....	218
Σχήμα Δ-9.5. E <sub>Ff</sub> , E <sub>Fs</sub> , E <sub>Ft</sub> , $\Lambda$ του Wilk's και CCC για όλα τα σενάρια .....	222
Σχήμα Δ-9.6. Μη-κανονικοποιημένοι συντελεστές ( $U_i$ ).....	223
Σχήμα Δ-9.7. E <sub>Ff</sub> , E <sub>Fs</sub> , E <sub>Ft</sub> , $\Lambda$ του Wilk's και CCC για την περίπτωση των 9 ετών ...	225
Σχήμα Δ-9.8. Μη-κανονικοποιημένοι συντελεστές ( $U_i$ ) για την περίπτωση των 9 ετών .....	226
Σχήμα E-1.1. Τάση μεταβολής του κόστους αναβάθμισης του υδατικού πόρου (Κανακούδης & Γκονέλας 2009a).....	238
Σχήμα E-1.2. Κόστος μείωσης του EARL στο UARL.....	243

Σχήμα E-1.3. Διάγραμμα ροής εκτίμησης του πλήρους κόστους αστικού νερού (Κανακούδης & Γκονέλας, 2009a,b).....	245
Σχήμα E-1.4. Τα δομικά στοιχεία Εξειδικευμένου Συστήματος Λήψης Απόφασης (Κανακούδης & Γκονέλας, 2009a,b).....	246
Σχήμα E-3.1. Τα μοντέλα των ΣΔΙΤ στον τομέα των υοηρεσιών νερού (Magara et al., 2007).....	259
Σχήμα ΠΑ.Σ-1.1: Αξιολόγηση δυνατότητας επίτευξης των στόχων .....	282
Σχήμα ΠΑ.Σ-1.2: Διάγραμμα ροής για την αξιολόγηση της οικολογικής κατάστασης των υδατίνων σωμάτων .....	287
Σχήμα ΠΑ.Σ-1.3: Κατηγορίες ποιότητας υδατίνων σωμάτων .....	287
Σχήμα ΠΓ.Σ-1.1. Αρχική σελίδα .....	298
Σχήμα ΠΓ.Σ-1.2. Σελίδα Ετήσιου εισερχόμενου νερού στο δίκτυο.....	298
Σχήμα ΠΓ.Σ-1.3. Σελίδα Τιμολογούμενης Κατανάλωσης .....	299
Σχήμα ΠΓ.Σ-1.4. Σελίδα Μη-Τιμολογούμενης Κατανάλωσης .....	299
Σχήμα ΠΓ.Σ-1.5. Σελίδα Μη Εξουσιοδοτημένης Κατανάλωσης.....	300
Σχήμα ΠΓ.Σ-1.6. Σελίδα Ανακριβειών Μετρητών Καταναλωτών και Σφαλμάτων Χειρισμού Δεδομένων .....	300
Σχήμα ΠΓ.Σ-1.7. Σελίδα Αγωγών Διανομής και Μεταφοράς και Συνδέσεων.....	301
Σχήμα ΠΓ.Σ-1.8. Σελίδα Πίεσης .....	301
Σχήμα ΠΓ.Σ-1.9. Σελίδα Διακοπτόμενης Παροχής.....	302
Σχήμα ΠΓ.Σ-1.10. Σελίδα Οικονομικών Πληροφοριών.....	302
Σχήμα ΠΓ.Σ-1.11. Σελίδα Υδατικού Ισοζυγίου .....	303
Σχήμα ΠΓ.Σ-1.12. Σελίδα Δεικτών Απόδοσης (αποτελέσματα) .....	304
Σχήμα ΠΓ.Σ-1.13. Σελίδα γραφικών αποτελεσμάτων (ILI, απώλειες νερού).....	305
Σχήμα ΠΓ.Σ-1.14. Σελίδα εκκίνησης και πληροφοριών .....	306
Σχήμα ΠΓ.Σ-1.15. Σελίδα κατάταξης δικτύου (πίνακας εκτίμησης πραγματικών απωλειών) και ερμηνειών.....	307
Σχήμα ΠΔ.Σ-1.1. Αρχική σελίδα εργαλείου υπολογισμού Υδατικού Ισοζυγίου και Δεικτών Απόδοσης .....	308
Σχήμα ΠΔ.Σ-1.2. Σελίδα δεδομένων του εργαλείου .....	308
Σχήμα ΠΔ.Σ-1.3. Σελίδα υπολογισμού του Υδατικού Ισοζυγίου .....	309
Σχήμα ΠΔ.Σ-1.4. Σελίδα υπολογισμού των Δεικτών Απόδοσης .....	309

## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

### Ελληνικά

ΓΟΕΒ	Γενικοί Οργανισμοί Εγγείων Βελτιώσεων
Δ.Ε.Υ.Α.	Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης
Δ.Ε.Υ.Α.Λ.	Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης Λάρισας
Δ.Ε.Υ.Α.Κ.	Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης Κω
ΔΕΥΔ	Διυπουργική Επιτροπή Υδάτων
ΔΥΠ	Διευθύνσεις Υδάτων Περιφέρειας
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΕΥ	Εθνική Επιτροπή Υδάτων
ΕΣΥ	Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων
ΚΜ	Κράτη Μέλη
ΚΥΥ	Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων
ΛΑΠ	Λεκάνη Απορροής Ποταμού
ΠΣΥ	Περιφερειακά Συμβούλια Υδάτων
ΣΔΛΑΠ	Σχέδιο Διαχείρισης Λεκάνης Απορροής Ποταμού
ΤΟΕΒ	Τοπικοί Οργανισμοί Εγγείων Βελτιώσεων
ΦΔ	Φορείς Διαχείρισης

### Ξενογλώσσα

CARL	Current Annual Real Losses
CIS	Common Implementation Strategy
EARL	Economic Annual Real Losses
ELL	Economic Losses Level
ILI	Infrastructure Leakage Index
IWA	International Water Association
NRW	Non Revenue Water
PI	Performance Indicator
UARL	Unavoidable Annual Real Losses
WB	Water Balance
WISE	Water Information System for Europe





# ΕΙΣΑΓΩΓΗ



## 1.1 Εισαγωγή

Στο εισαγωγικό κεφάλαιο παρουσιάζονται πληροφορίες εισαγωγικού χαρακτήρα που δίνουν το κίνητρο και το υπόβαθρο αυτής της διατριβής. Παρατίθεται επίσης ανασκόπηση της σχετικής με τη διατριβή βιβλιογραφίας και περιγράφονται συνοπτικά οι βασικές ενότητες της διατριβής.

## 1.2 Κίνητρο και υπόβαθρο

Η υπερθέρμανση του πλανήτη, η αυξημένη αστικοποίηση και οι αλλαγές στη χρήση γης δημιουργούν έλλειψη νερού παγκόσμια. Ελάχιστη προσοχή έχει δοθεί στη λειψυδρία, που αποτελεί οξυνόμενο πρόβλημα σε κάποιες περιοχές της Ευρώπης και μάλλον θα επιδεινωθεί ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής. Το νερό είναι ένας ανανεώσιμος αλλά περιορισμένος πόρος. Ο υδρολογικός κύκλος ανανεώνει τα αποθέματα γλυκού νερού στην επιφάνεια της γης και τους υπόγειους υδροφορείς. Όμως η ποσότητα του νερού είναι περιορισμένη και η κατανομή του στον χώρο και τον χρόνο άνιση. Το νερό είναι απαραίτητο για την ζωή στον πλανήτη. Είναι απαραίτητο για τον άνθρωπο, τα ζώα, τα φυτά. Χρειάζεται για την ύδρευση των πόλεων, αλλά και για την άρδευση των καλλιεργειών. Είναι απαραίτητο για την βιομηχανία αλλά και για την ανάπτυξη του τουρισμού. Η απόληψη νερού για τις κάλυψη των αναγκών μειώνει την ποσότητα των επιφανειακών και των υπόγειων νερών.

Το νερό δεν είναι εμπόρευμα, όπως όλα τα άλλα. Δεν είναι όμως και δημόσιο αγαθό στο οποίο ο καθένας έχει ελεύθερη πρόσβαση. Η μια χρήση του νερού αποκλείει συχνά τις άλλες. Το νερό είμαστε αναγκασμένοι να το «διαχειριζόμαστε», να μεριμνούμε δηλαδή για την εξισορρόπηση των αναγκών και την εξασφάλιση επαρκών ποσοτήτων νερού με την απαιτούμενη ποιότητα για τη κάλυψή τους.

Στη γη υπάρχουν περίπου 1.400 εκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα νερού, ενώ το 70% της επιφάνειάς της καλύπτεται από νερό. Το 97% του νερού βρίσκεται στις θάλασσες και είναι ακατάλληλο για άμεση χρήση λόγω της περιεκτικότητάς του σε αλάτι. Όμως και από το 3% που απομένει, ένα μεγάλο ποσοστό βρίσκεται υπό τη μορφή πάγου στις πολικές περιοχές και στις κορυφές των βουνών. Λιγότερο από το ένα τρίτο βρίσκεται σε υπόγειους υδροφορείς (που δεν είναι πάντα εκμεταλλεύσιμοι) και υπό τη μορφή επιφανειακών υδάτων σε λίμνες και ποτάμια.

Τα έργα ύδρευσης γνώρισαν την πρώτη περίοδο ακμής τους τη 2<sup>η</sup> χιλιετία π.Χ. στην Αίγυπτο, την Κίνα, την Μεσοποταμία, την Κρήτη. Από τότε και στη συνέχεια με εξαίρεση την περίοδο του Μεσαίωνα τα έργα ύδρευσης βελτιώνονται ανάλογα με την χρήση νέων υλικών και τεχνολογιών. Σήμερα το σύνολο σχεδόν του πληθυσμού του ανεπτυγμένου κόσμου έχει πρόσβαση σε πόσιμο νερό.

Τα δίκτυα ύδρευσης όμως αντιμετωπίζουν ένα σοβαρό πρόβλημα σήμερα εξαιτίας της έλλειψης του νερού: τις απώλειες νερού. Οι απώλειες λόγω διαρροών, παράνομων συνδέσεων και σπατάλης αντιπροσωπεύει σε κάποιες χώρες το 50% του πόσιμου νερού. Από το 1950 μέχρι σήμερα έχει υπερ-τριπλασιαστεί η παγκόσμια κατανάλωση νερού, αναπτυσσόμενη με διπλάσιους τουλάχιστον ρυθμούς, απ' ότι η αύξηση του πληθυσμού. Η προσφορά όμως του νερού δεν είναι δεδομένη, έχει κάποια ανώτερα όρια. Είναι αναγκαία επομένως η σωστή βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων στα πλαίσια της αξιοβίωτης περιβαλλοντικής διαχείρισης (επιδίωξη διαχρονικής μείωσης του κόστους ίσης ευκαιρίας μεταξύ χρηστών ή/και εντός της ίδια χρήσης). Εκτός των άλλων η εξοικονόμηση νερού οδηγεί σε εξοικονόμηση ενέργειας, αφού σύμφωνα με στοιχεία 2-3% της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας χρησιμοποιούνται για την άντληση και το καθαρισμό των υδάτων στις πόλεις και στις βιομηχανίες. Για

τον ανεφοδιασμό σε νερό και προκειμένου να ανακουφιστούν προβλήματα ξηρασίας απαιτούνται ενεργοβόρες δράσεις όπως η αφαλάτωση. Τα συστήματα παροχής νερού είναι μαζικοί καταναλωτές ενέργειας η οποία καταναλώνεται σε καθένα από τα στάδια παραγωγής νερού και της αλυσίδας παροχής: ξεκινώντας από την άντληση του νερού μέχρι την μονάδα επεξεργασίας, σε όλη τη διαδικασία επεξεργασίας και στην διανομή του νερού μέσω του δικτύου (Feldman, 2009). Το νερό και η ενέργεια συνδέονται στενά. Οι περισσότερες από τις διαδικασίες μεγάλου μεγέθους μετατροπής ενέργειας καταναλώνουν νερό ενώ η βιώσιμη διαχείριση αστικού νερού απαιτεί σημαντικές ποσότητες ενέργειας. Μεγάλες απώλειες ενέργειας υπάρχουν εξαιτίας των διαρροών νερού ή της μη αποτελεσματικής χρήσης του. Όταν ο μέσος όρος των απωλειών νερού παγκόσμια εκτιμάται σε 30-50%, η ίδια ποσότητα ενέργειας χάνεται (Feldman, 2009). Οι εκτιμήσεις των απωλειών νερού των δικτύων διανομής έχουν αποσπάσει μεγάλη προσοχή τα τελευταία χρόνια ειδικά κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, παρόλο που οι εκτιμήσεις ενέργειας δεν έχουν λάβει παρόμοιο επίπεδο προσοχής. Το νερό και η ενέργεια είναι πολύτιμοι πόροι στενά συνδεδεμένοι (Cabrera et al., 2009).

Είναι γνωστό ότι το νερό είναι αγαθό σε ανεπάρκεια. Οι ποσότητες που χάνονται και η αξία τους είναι τεράστιες. Γι' αυτό είναι απαραίτητη η αξιολόγηση του επιπέδου λειτουργίας των δικτύων ύδρευσης και η πρόβλεψη της αξιοπιστίας τους. Η σημασία των απωλειών νερού στα δίκτυα ύδρευσης είναι μεγάλη αφού στην πραγματικότητα αποτελούν έναν «εν δυνάμει» υδατικό πόρο. Για τη διαχείριση των απωλειών νερού στα δίκτυα ύδρευσης κρίνεται αναγκαία η πρόβλεψη των αστοχιών των αγωγών τους. Γι' αυτό και δόθηκε έμφαση μέσω της παρούσας διατριβής στην εκτίμηση του επιπέδου λειτουργίας των δικτύων ύδρευσης, στην ποσοτικοποίηση των απωλειών νερού στα δίκτυα και στους αγωγούς και στην ανάπτυξη μεθοδολογίας για την πρόβλεψη των αστοχιών των αγωγών στα δίκτυα ύδρευσης. Κρίθηκε όμως αναγκαία καταρχήν η ανασκόπηση και ανάλυση της Οδηγίας – Πλαίσιο για τα νερά (WFD 2000/60/EK).

### 1.3 Σκοπός της διατριβής

Ο κύριος σκοπός της διδακτορικής διατριβής είναι η εφαρμογή ολοκληρωμένης μεθοδολογίας για την διαχείριση του επιπέδου λειτουργίας και των αστοχιών των αγωγών των δικτύων ύδρευσης.

Στα πλαίσια αυτά, συνοπτικά αναφέρονται τα εξής:

- *Όσον αφορά στην εποπτική ανάλυση των εξελίξεων του αντικειμένου «Διαχείριση Υδατικών Πόρων» σε ευρωπαϊκό επίπεδο με έμφαση στην Ελλάδα:*
  - έγινε ανάλυση της Οδηγίας Πλαίσιο για τα νερά WFD 2000/60/EC και των απαιτήσεών της
  - έγινε συγκριτική ανάλυση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων εφαρμογής της Οδηγίας σε Ευρωπαϊκό επίπεδο τόσο οριζόντια (για τον ίδιο υδατικό πόρο σε όλα τα κράτη μέλη) όσο και κάθετα (για διαφορετικό τύπο υδατικού πόρου)
  - έγινε συγκριτική ανάλυση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων εφαρμογής της Οδηγίας για την Ελλάδα και εντοπίστηκαν τα προβλήματα εφαρμογής της
  - κατατέθηκαν προτάσεις αντιμετώπισης των προβλημάτων κατά την εφαρμογή της Οδηγίας στην Ελλάδα
  - κατατέθηκε πρόταση κατανομής της χώρας σε 7 υδατικά διαμερίσματα μετά από χωροθέτηση για την καλύτερη λειτουργία της διοίκησης
  - επιβεβαιώθηκε η σύνδεση της διαχείρισης των υδατικών πόρων με τη διαχείριση των δικτύων αφού οι απώλειες στα δίκτυα αποτελούν εν δυνάμει υδατικό πόρο και γι' αυτό κρίθηκε αναγκαία η αξιολόγηση του επιπέδου λειτουργίας των δικτύων ύδρευσης
- *Όσον αφορά στα μοντέλα αξιολόγησης του επιπέδου λειτουργίας των δικτύων:*
  - έγινε πλήρης ανάλυση των προτεινόμενων από την International Water Association (Alegre et. al, 2000 και 2006) δεικτών αξιολόγησης του επιπέδου λειτουργίας ενός δικτύου
  - έγινε πλήρης ανάλυση του μοντέλου «IWA standard Water Balance» της International Water Association που αφορά στον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου ενός δικτύου
  - έγινε προσαρμογή του παραπάνω μοντέλου και ανάπτυξη ενός φιλικού προς τον χρήστη εργαλείου για τον υπολογισμό του Υδατικού Ισοζυγίου των δικτύων ύδρευσης στην Ελλάδα, ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί στα ελληνικά δεδομένα
  - έγινε πιλοτική εφαρμογή τόσο του αρχικού, όσο και του προσαρμοσμένου μοντέλου σε δύο δίκτυα ύδρευσης στην Ελλάδα (ΔΕΥΑ Λάρισας, ΔΕΥΑ Κω). Η

διαδικασία αυτή γίνεται για πρώτη φορά στην Ελλάδα με στόχο την ποσοτικοποίηση των απωλειών του νερού στα δίκτυα και την εκτίμηση του επιπέδου λειτουργίας τους

- επιβεβαιώθηκε ο σημαντικός ρόλος των απωλειών νερού στα δίκτυα και για το λόγο αυτό κρίθηκε αναγκαία η ανάπτυξη μεθοδολογίας πρόβλεψης των αστοχιών στους αγωγούς

✚ *Όσον αφορά στην πρόβλεψη των αστοχιών στους αγωγούς:*

- έγινε ανάλυση και βελτίωση του μοντέλου πρόβλεψης των αστοχιών των αγωγών με την μέθοδο της Διαχωριστικής Ανάλυσης και Ταξινόμησης (μέθοδος DAC) με την χρήση πολυμεταβλητών

- εφαρμόστηκε αυτό το μοντέλο σε δίκτυα μεταφοράς πετρελαίου και φυσικού αερίου επιβεβαιώνοντας την επιτυχή πρόβλεψη των αστοχιών των αγωγών σε ποσοστό 96,6%

- έγινε ανάλυση των αστοχιών των αγωγών των δικτύων ύδρευσης με προσομοίωση της μεθόδου Διαχωριστικής Ανάλυσης και Ταξινόμησης η οποία μας οδηγεί στον προσδιορισμό ενός μοντέλου πρόβλεψης των αστοχιών των αγωγών σε δίκτυα ύδρευσης.

- εντοπίστηκαν τα προβλήματα κατά την εφαρμογή του μοντέλου σε δίκτυα ύδρευσης.

## 1.4 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

### 1.4.1 Απώλειες νερού

Η μείωση και ο έλεγχος των απωλειών νερού έχουν όλο και περισσότερη ζωτική σημασία σήμερα που η ζήτηση του νερού αυξάνεται και οι μετεωρολογικές συνθήκες αλλάζουν προκαλώντας πλημμύρες σε πολλά μέρη στον κόσμο. Πολλές εταιρείες διαχείρισης νερού έχουν αναπτύξει ή αναπτύσσουν στρατηγικές μείωσης των απωλειών σε ένα οικονομικό ή αποδεκτό επίπεδο για να διατηρήσουν πολύτιμους υδάτινους πόρους (Tooms and Pilcher, 2006). Οι Maloney et al. (1986) έδειξαν ότι ο λόγος οφέλους/κόστους που προέρχεται από προγράμματα έγκαιρης ανίχνευσης διαρροών είναι μεγαλύτερος από 1, δίνοντας έμφαση στην οικονομική τους αποδοτικότητα. Ο Thornton (2002) ανέφερε διάφορες μελέτες περιπτώσεων που δείχνουν την αποτελεσματικότητα της διαχείρισης των απωλειών νερού. Παρόλο που τα κόστη και τα οφέλη αυτών των περιπτώσεων δεν φαίνεται να βασίζονται σε επιστημονική ανάλυση, όλες οι περιπτώσεις κατέληξαν στο ίδιο συμπέρασμα: η διαχείριση των απωλειών νερού είναι ευεργετική για τις εταιρείες παροχής νερού. Οι Cummings et al. (2004) αναφέρουν επίσης ότι τα προγράμματα ανίχνευσης/επισκευής διαρροών θα μπορούσαν να είναι οικονομικά αποδοτικά αν βασίζονται σε διάφορες παραδοχές και απλούς υπολογισμούς. Παρόλα αυτά δεν είναι ξεκάθαρο αν η διαχείριση των απωλειών νερού είναι πάντα αποδοτική γιατί τα κόστη και τα οφέλη μπορεί να είναι διαφορετικά ανάλογα με τις συνθήκες της βιομηχανίας νερού, της οικονομίας, του περιβάλλοντος και της κοινωνίας. Παρόλα αυτά καθώς οι καταστάσεις έλλειψης νερού χειροτερεύουν, έχει αποδειχθεί σε πολλές περιπτώσεις η αποτελεσματικότητα της διαχείρισης των απωλειών νερού.

Η Ομάδα Εργασίας Απωλειών Νερού (Water Loss Task Force) της International Water Association (IWA) ανέπτυξε μία μεθοδολογία ποσοτικοποίησης των απωλειών νερού (Farley and Trow 2003). Αναπτύχθηκαν επίσης δείκτες απόδοσης για την εκτίμηση του επιπέδου λειτουργίας του δικτύου (Alegre et al. 2006). Ο Kovac (2007) πραγματοποίησε μια μελέτη στην περιοχή των Δυτικών Βαλκανίων, σκοπός της οποίας είναι να παρουσιάσει τα αποτελέσματα που λαμβάνονται από την προώθηση και την εφαρμογή της προσέγγισης της Ομάδας Εργασίας Απωλειών Νερού της IWA στην επίλυση προβλημάτων που αφορούν απώλειες σε δίκτυα διανομής νερού στην περιοχή των Δυτικών Βαλκανίων.

Οι απώλειες νερού αποτελούνται από τις πραγματικές απώλειες (διαρροές, θραύσεις κλπ.) και τις εμφανείς απώλειες (παράνομη χρήση, ανακρίβειες μετρητών) (Farley and Trow 2003). Οι ανακρίβειες των μετρητών νερού θεωρούνται σημαντικό συστατικό των εμφανών απωλειών σε ένα σύστημα παροχής νερού. Παρόλα αυτά μπορεί να υπάρχουν διάφορες πηγές που συνεισφέρουν στις συνολικές εμφανείς απώλειες (Rizzo and Cilia, 2005). Οι Arregui et al. (2006) κατέληξαν ότι οι συνήθειες κατανάλωσης νερού, η ποιότητα του νερού, οι συνθήκες του περιβάλλοντος, το προφίλ της ταχύτητας και η εποχική χρήση του νερού εξετάζονται στα λάθη των μετρητών. Οι Trifunovic et al. (2009) έδειξαν ότι οι διαρροές στα δίκτυα διανομής νερού μπορούν να μοντελοποιηθούν με τρεις τρόπους χρησιμοποιώντας το EPANET, οι οποίοι διαφέρουν



όσον αφορά την πολυπλοκότητα, τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς. Κάποιες από αυτές τις προσεγγίσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν ειδικά για χαμηλά επίπεδα διαρροών ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες και τη διαθεσιμότητα των δεδομένων.

Οι Hunaidi και Brothers (2007) ανέλυσαν την νυχτερινή ροή σε δύο πιλοτικές DMAs στην Ottawa. Η νυχτερινή ζήτηση σε κατοικημένες περιοχές βρέθηκε να είναι μεγαλύτερη από την αναμενόμενη. Οι αφανείς διαρροές βρέθηκαν όπως αναμενόταν για τους αγωγούς χυτοσιδήρου αλλά η σχέση διαρροών – πίεσης απέκλινε σημαντικά από την αναμενόμενη.

Ο Feldman (2009) συνέδεσε τα συστήματα παροχής νερού με την ενέργεια, η οποία καταναλώνεται σε καθένα από τα στάδια παραγωγής νερού και της αλυσίδας παροχής: ξεκινώντας από την άντληση του νερού μέχρι την μονάδα επεξεργασίας, σε όλη τη διαδικασία επεξεργασίας και στην διανομή του νερού μέσω του δικτύου (και εξαιτίας των απωλειών νερού). Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις εκτιμήσεις ενέργειας μέσω προγραμμάτων ποσοτικοποίησής της (Cabrera et al., 2009). Είναι γνωστό ότι «εξοικονομώντας νερό εξοικονομούμε ενέργεια και εκπομπές ρύπων» (Cabrera et al., 2009). Καθώς η συνολική ζήτηση και κατανάλωση ενέργειας συνεχίζει να αυξάνει με ταχείς ρυθμούς και επειδή δομικές αλλαγές στην παροχή ενέργειας απαιτούν πολύ χρόνο και τεράστια κεφάλαια, οι ενέργειες που θα αυξήσουν τα αποθέματα και την αποτελεσματικότητα της ενέργειας πρέπει να ενθαρρύνονται και να υποστηρίζονται, φέρνοντας και τα απαραίτητα οικονομικά πλεονεκτήματα (EU Environmental Action Programme, 2004).

#### 1.4.2 Διαχείριση αστοχιών αγωγών δικτύων ύδρευσης

Το πρόβλημα της εκτίμησης της αξιοπιστίας των δικτύων των αγωγών αποτέλεσε αντικείμενο μελέτης πολλών ερευνητών μέχρι σήμερα. Έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για τον προσδιορισμό στατιστικών σχέσεων μεταξύ των ρυθμών των θραύσεων των αγωγών και των χαρακτηριστικών τους που επηρεάζουν την συμπεριφορά των αγωγών όπως η ηλικία των αγωγών, η διάμετρος τους και το υλικό τους, η διαβρωτικότητα του εδάφους, η πίεση λειτουργίας και η θερμοκρασία, πιθανά εξωτερικά φορτία (συμπεριλαμβανομένης και της μεγάλης κίνησης) και προηγούμενες θραύσεις των αγωγών.

Από το 1978 και μετά έγιναν τα πρώτα βήματα εκμετάλλευσης των αρχείων των θραύσεων στα δίκτυα, ώστε με την κατάλληλη στατιστική τους επεξεργασία να εξαγονται νόμοι, που θα εκφράζουν τους ρυθμούς εμφάνισής τους. Ταυτόχρονα άρχισε να μελετάται η επίδραση των διαφόρων παραγόντων που επηρεάζουν την εμφάνιση των θραύσεων (Clark et al. 1978). Τη ίδια χρονιά ο Stacha (1978) καθόρισε τα κριτήρια αντικατάστασης των αγωγών στα δίκτυα συνυπολογίζοντας το κοινωνικό κόστος από την όχληση των καταναλωτών. Οι Shamir and Howard (1979) ανέπτυξαν ένα εκθετικό μοντέλο που περιγράφει την αύξηση των θραύσεων των αγωγών με την ηλικία τους και παρουσίασαν μία τεκμηριωμένη και ολοκληρωμένη μεθοδολογία υπολογισμού του βέλτιστου χρόνου αντικατάστασης των αγωγών. Οι πρώτες αναλύσεις (O'Day et al. 1980) ανέτρεψαν την άποψη ότι ο ρυθμός εμφάνισης των θραύσεων σε κάποιον αγωγό είχε αναλογική σχέση με την ηλικία του αγωγού. Παρόλα αυτά όμως, μετέπειτα αναλύσεις (Clark et al. 1982) αμφισβήτησαν τα παραπάνω και απέδειξαν ότι αληθώς ο

ρυθμός εμφάνισης των θραύσεων σε έναν αγωγό έχει σχέση με την ηλικία του αγωγού. Στην παραπάνω μελέτη αναπτύχθηκε μία γραμμική πολυμεταβλητή εξίσωση που καθορίζει τον χρόνο μεταξύ της εγκατάστασης του αγωγού και της πρώτης θραύσης. Αναπτύχθηκε επίσης μία πολυμεταβλητή εκθετική εξίσωση για τον καθορισμό του ρυθμού των θραύσεων μετά την πρώτη θραύση. Οι Kettler & Goulter (1985) παρατήρησαν μία ισχυρή γραμμική συσχέτιση μεταξύ των θραύσεων των αγωγών και της διαμέτρου του και μία μέτρια γραμμική συσχέτιση μεταξύ των θραύσεων και της ηλικίας του αγωγού. Σε μερικές μελέτες διαπιστώθηκε ότι η διάμετρος του αγωγού έχει σχέση με τον ρυθμό και το είδος των θραύσεων (O'Day 1982, Clark and Goodrich 1989). Οι Walski (1984) και O'Day (1982) παρουσίασαν κάποια δεδομένα για τους χρόνους μεταξύ διαδοχικών θραύσεων αγωγών και εξέτασαν ποιοτικά κάποιους παράγοντες που επηρεάζουν αυτούς τους χρόνους.

Από άλλες μελέτες διαπιστώθηκε (O'Day 1982, Kettler and Goulter 1985) ότι οι αγωγοί μικρής διαμέτρου παρουσίαζαν συχνότερα θραύσεις από τους αγωγούς μεγάλης διαμέτρου, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες περιβάλλοντος. Η μελέτη των Walski και Peliccia (1982) αμφισβήτησε την διαπίστωση αυτή. Ακόμη η παραπάνω μελέτη πρόσθεσε διορθώσεις στο μοντέλο των Shamir & Howard (1979) που αφορούν τους παράγοντες του μεγέθους του αγωγού και του αριθμού των προηγούμενων θραύσεων του αγωγού. Κανένα όμως από αυτά τα μοντέλα δεν εξέτασε με λεπτομέρεια τους χρόνους που μεσολαβούν μεταξύ ξεχωριστών θραύσεων του ίδιου αγωγού. Ταυτόχρονα οι Clark et al. (1982) συσχέτισαν τους ρυθμούς εμφάνισης των θραύσεων με τον τύπο του αγωγού (μέγεθος διαμέτρου), τις συνθήκες εσωτερικής πίεσης και εξωτερικής φόρτισης του και το περιβάλλον που περικλείει τον αγωγό. Αργότερα οι Kettler και Goulter (1985) εξέτασαν την διακύμανση των ρυθμών των θραύσεων, σε σχέση με το υλικό του αγωγού και ανέλυσαν τους τύπους θραύσεων για διάφορα υλικά αγωγών.

Η μελέτη των Marks et al. (1985) παρουσίασε ένα μοντέλο αποτυχιών δίνοντας την πιθανότητα ότι ο αγωγός θα θραύσει σε ένα μικρό χρονικό διάστημα  $dt$ , βασισμένη σε διάφορους παράγοντες συμπεριλαμβανομένων της ηλικίας του αγωγού, του αριθμού προηγούμενων θραύσεων και του χρόνου από την τελευταία θραύση. Η μελέτη των Andreou et al. (1987) πρότεινε ένα μοντέλο αναλογικών κινδύνων (proportional hazards) για την πρόβλεψη των πιθανοτήτων των αποτυχιών των αγωγών στα πρώτα στάδια της φθοράς και ένα μοντέλο τύπου Poisson για τα μετέπειτα στάδια της φθοράς. Η βασική συνάρτηση που σχετίζει την πιθανότητα των θραύσεων με την ηλικία του αγωγού μπορεί να διαφέρει στο ίδιο σύστημα διανομής. Γι' αυτό η στρωματοποίηση της βάσης δεδομένων σε ομάδες (βασισμένες σε συγκεκριμένες παραμέτρους) θα αύξανε την ακρίβεια του μοντέλου.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1990, οι Goulter & Kazemi (1988) και Goulter et al. (1993) έδειξαν ότι σε ένα δίκτυο η πιθανότητα επανεμφάνισης μιας θραύσης σε πολύ μικρό διάστημα χώρου και χρόνου είναι σημαντικά μεγαλύτερη από κάθε άλλη θέση και στιγμή (χωρική και χρονική συσσώρευση των θραύσεων). Μοντελοποίησαν αυτή την άποψή τους με μια μη ομοιογενή κατανομή Poisson. Οι Kleiner et al. (1998) και Kleiner & Rajani (1999) ανέπτυξαν μία μεθοδολογία για την εκτίμηση μελλοντικών αναγκών αποκατάστασης στη βάση των διαθέσιμων ιστορικών αρχείων θραύσεων των αγωγών νερού. Τα αρχεία στα οποία βασίστηκαν αποτελούνται από βάσεις περιορισμένων και ελλιπών δεδομένων μεταβλητών που προκαλούν θραύσεις στους αγωγούς.

Μέθοδοι γενετικών αλγορίθμων χρησιμοποιήθηκαν από τους Prasad et al. (2003) οι οποίοι εισήγαγαν ένα νέο μέτρο αξιοπιστίας που ονομάζεται ανθεκτικότητα δικτύου (resilience). Οι Vanrenterghem et al. (2003) ανέπτυξαν μοντέλα για την υποβάθμιση των συστημάτων διανομής αστικού νερού βασισμένα σε δεδομένα από την πόλη της Νέας Υόρκης. Χρησιμοποίησαν ένα μοντέλο προσομοίωσης για να αναλύσουν τις στρατηγικές αντικατάστασης. Οι Aslani (2003) και Christodoulou et al. (2003) ανέπτυξαν περαιτέρω αυτή την δουλειά χρησιμοποιώντας μοντέλα προσομοίωσης και την ίδια βάση δεδομένων. Οι Christodoulou et al. (2006) χρησιμοποίησαν την γνώση που αποκτήθηκε από την μελέτη περίπτωσης της Νέας Υόρκης και ανέπτυξαν μία μεθοδολογία για ολοκληρωμένη διαχείριση, εκτίμηση κινδύνου και καθορισμό προτεραιοτήτων των δράσεων για μείωση των διαρροών, βασισμένη σε σύστημα GIS. Οι Kanakoudis and Tolikas (2004) προσδιόρισαν δείκτες εκτίμησης του επιπέδου λειτουργίας ενός συστήματος παροχής νερού και μία μέθοδο που ιεραρχικά αναλύει τις πιθανές ενέργειες συντήρησης του δικτύου. Τελικά μέσω τεχνικο-οικονομικής ανάλυσης που λαμβάνει υπόψη όλα τα σχετιζόμενα κόστη (επισκευής και αντικατάστασης των αγωγών) κατέληξαν σε ένα μοντέλο υπολογισμού του βέλτιστου χρόνου αντικατάστασης των αγωγών. Οι Tuhoncak et al. (2006) παρουσίασαν συχνά χρησιμοποιούμενες μεθόδους που προσδιορίζουν τους ποσοτικούς και ποιοτικούς κινδύνους που τίθενται από τα μεμονωμένα συστατικά του συστήματος, αξιολογούν τις μεθόδους και ερμηνεύουν τα αποτελέσματα, με έμφαση στην μέθοδο HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points). Οι Park et al. (2008) παρουσίασαν μία μέθοδο που επικεντρώνεται στην μοντελοποίηση του ρυθμού αποτυχιών και εκτιμά οικονομικά τον βέλτιστο χρόνο αντικατάστασης ενός μεμονωμένου αγωγού νερού χρησιμοποιώντας δύο ευρέως χρησιμοποιούμενους ρυθμούς εμφάνισης αποτυχιών (ROCOFs). Αυτή η μεθοδολογία έχει τον περιορισμό μεγάλου αριθμού καταγεγραμμένων θραύσεων. Επίσης τα δεδομένα των παραμέτρων που προκαλούν τις αποτυχίες πρέπει να συγκεντρώνονται και να καταγράφονται σε ένα καθορισμένο πλαίσιο ώστε να μεγιστοποιείται η αποδοτικότητα της συντήρησης του συστήματος διανομής νερού. Τελικά ο Christodoulou (2009) θέτει το δίλημμα «επισκευή ή αντικατάσταση» ερευνώντας τις παραμέτρους που προκαλούν τις αστοχίες και περιγράφει ένα πολυκριτηριακό σύστημα υποστήριξης αποφάσεων (DSS) για την μοντελοποίηση της συμπεριφοράς των αγωγών που βασίζεται σε μη-παραμετρικές τεχνικές ανάλυσης επιβίωσης.

## 1.5 Οργάνωση Διατριβής

Η διατριβή αποτελείται από πέντε ενότητες.

Στην **ενότητα Α** παρουσιάζεται η έννοια της διαχείρισης των υδατικών πόρων και συνδέεται η σημασία της με την διαχείριση των δικτύων ύδρευσης. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μία ιστορική αναδρομή στην διαχείριση των υδατικών πόρων τόσο στην Ελλάδα όσο και παγκόσμια. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται η αποτίμηση της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Νερά WFD 2000/60/EC, η συγκριτική ανάλυση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων εφαρμογής της μέχρι σήμερα σε Ευρωπαϊκό και σε εθνικό επίπεδο. Συγκεκριμένα αναλύονται η εφαρμογή της Οδηγίας στην Ελλάδα και τα προβλήματα που προέκυψαν. Παρουσιάζονται προτάσεις για την επίλυση των προβλημάτων αυτών με έμφαση στην πρόταση χωρισμού της χώρας σε 7 υδατικά διαμερίσματα. Στο τρίτο κεφάλαιο της ενότητας αυτής παρουσιάζονται οι μελλοντικές ενέργειες για την εφαρμογή της Οδηγίας με έμφαση στην ανάκτηση του πλήρους κόστους των υπηρεσιών νερού που είναι υποχρέωση των κρατών μελών της Ε.Ε. όπως ορίζει η οδηγία. Αναλύεται η ανάκτηση του κόστους του νερού στην Ελλάδα από την οικιακή, τη βιομηχανική χρήση και τη γεωργία. Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται αφορούν σε στοιχεία ανάκτησης κόστους των ΔΕΥΑ. Τέλος εντοπίζονται οι προοπτικές και τα προβλήματα στην εφαρμογή των μηχανισμών ανάκτησης του κόστους. Στο τελευταίο κεφάλαιο της ενότητας Α παρουσιάζονται τελικά συμπεράσματα και προτάσεις.

Η διαχείριση των υδατικών πόρων συνδέεται άρρηκτα με την διαχείριση των δικτύων κυρίως στις περιοχές που αντιμετωπίζουν προβλήματα επάρκειας ποσότητας νερού (π.χ. Νότια Ευρώπη, νησιωτικές περιοχές). Γι' αυτό στην **ενότητα Β** αναλύονται τα μοντέλα αξιολόγησης του επιπέδου λειτουργίας των δικτύων ύδρευσης. Συγκεκριμένα έγινε η ανάλυση του Διεθνούς Πρότυπου Υδατικού Ισοζυγίου (International Standard Water Balance) της International Water Association (IWA) και των 170 Δεικτών Απόδοσης του επιπέδου λειτουργίας των δικτύων ύδρευσης. Παρουσιάζονται και αναλύονται οι υπάρχουσες προτάσεις τροποποίησης του Υδατικού Ισοζυγίου και συγκεκριμένα η πρόταση που διαμορφώθηκε στα πλαίσια της διατριβής για το τροποποιημένο Υδατικό Ισοζύγιο ώστε από ογκομετρικό να είναι πλέον και πλήρως οικονομικό. Εισάγεται για πρώτη φορά η διαφορά παγίου που αποτελεί ποσότητα απωλειών νερού μέρος του κόστους των οποίων όμως ανακτάται από την εταιρεία παροχής νερού μέσω του παγίου. Γίνεται επίσης συγκριτική αξιολόγηση των υπάρχοντων λογισμικών για τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου και των δεικτών απόδοσης. Παρουσιάζεται τέλος ένα φιλικό προς τον χρήστη εργαλείο που αναπτύξαμε για τον υπολογισμό του Υδατικού Ισοζυγίου και των Δεικτών Απόδοσης.

Στην **ενότητα Γ** παρουσιάζεται η πιλοτική εφαρμογή του προσαρμοσμένου μοντέλου για δύο δίκτυα ύδρευσης στην Ελλάδα. Καταρχήν παρουσιάζεται μια βιβλιογραφική ανασκόπηση των εφαρμογών που έχουν γίνει παγκόσμια. Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα προβλήματα που εντοπίστηκαν στην εφαρμογή του προσαρμοσμένου μοντέλου καθώς οι τρόποι αντιμετώπισής τους. Λαμβάνει χώρα ανάλυση ευαισθησίας για τη διαπίστωση της επιρροής των μεταβολών των τιμών των μεταβλητών στους δείκτες που υπολογίζονται. Η εφαρμογή του τροποποιημένου

υδατικού ισοζυγίου έγινε στο δίκτυο της Λάρισας για το οποίο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα εφαρμογής και οι δείκτες απόδοσης που υπολογίστηκαν. Παρουσιάζονται επίσης τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας. Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζεται η εφαρμογή του τροποποιημένου υδατικού ισοζυγίου στο δίκτυο ύδρευσης της Κω. Η ανάλυση έγινε σε εξαμηνιαία βάση γιατί η ζήτηση του νερού υπερδιπλασιάζεται τους καλοκαιρινούς μήνες εξαιτίας του τουρισμού. Γίνεται υπολογισμός του υδατικού ισοζυγίου και των δεικτών απόδοσης και συγκρίνονται τα αποτελέσματα για τα δύο εξάμηνα του έτους. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν επιβεβαιώνουν την ορθότητα της ανάλυσης σε εξαμηνιαία βάση. Παρουσιάζονται επίσης τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας. Η ανάλυση και στα δύο δίκτυα μας οδήγησε στην διαμόρφωση συγκεκριμένων προτάσεων για την αναβάθμιση των δικτύων της Λάρισας και της Κω, οι οποίες παρουσιάζονται στο τελευταίο κεφάλαιο της ενότητας Γ.

Ένας από τους τρόπους μείωσης των απωλειών στα δίκτυα ύδρευσης είναι η διαχείριση των αγωγών του δικτύου και η πρόβλεψη των αστοχιών τους. Στην **ενότητα Δ** γίνεται ανάλυση διάφορων στατιστικών μεθόδων για την εύρεση εκείνης της μεθόδου η οποία όχι μόνο εντοπίζει ποια χαρακτηριστικά των αγωγών συνεισφέρουν περισσότερο στο να αστοχήσει ή όχι ο αγωγός, αλλά και διαμορφώνει ένα μοντέλο πρόβλεψης της συμπεριφοράς του αγωγού (αστοχία ή μη). Γι' αυτό χρησιμοποιείται η μέθοδος της Διαχωριστικής Ανάλυσης και της Ταξινόμησης (μέθοδος DAC) η οποία έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς των αγωγών μεταφοράς πετρελαίου και φυσικού αερίου. Εξαιτίας της πληρότητας και της αρτιότητας των αρχείων των δεδομένων των αγωγών μεταφοράς πετρελαίου και φυσικού αερίου γίνεται εφαρμογή της μεθόδου DAC και βελτίωσή της εισάγοντας πολυμεταβλητές (αδιάστατες και μη) σε δίκτυα μεταφοράς πετρελαίου και φυσικού αερίου. Επιβεβαιώνεται η επιτυχής χρήση της μεθόδου για την πρόβλεψη των αγωγών που θα αποτύχουν. Με την εισαγωγή του χρονικού βήματος στην ανάλυση αποδείξαμε ότι η μέθοδος DAC μπορεί να προβλέψει την μελλοντική κατάσταση των αγωγών σε ποσοστό 96,6%. Στην συνέχεια προσδιορίζονται τα χαρακτηριστικά των αγωγών των δικτύων ύδρευσης που επηρεάζουν την συμπεριφορά τους. Για την εφαρμογή της μεθόδου DAC σε αγωγούς δικτύων ύδρευσης χρησιμοποιούνται δεδομένα αποτυχιών του δικτύου της Λάρισας. Εντοπίζονται τα προβλήματα για την εφαρμογή της μεθόδου DAC και καθορίζεται το κριτήριο του διαχωρισμού. Χρησιμοποιήθηκαν τόσο πραγματικά δεδομένα μεταβλητών όσο και ψευδομεταβλητές για την καλύτερη εφαρμογή της μεθόδου. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν απέδειξαν ότι πραγματικά η μέθοδος DAC είναι μία εύκολη και αξιόπιστη μέθοδος πρόβλεψης των αστοχιών των αγωγών των δικτύων ύδρευσης αφού επιτυγχάνονται ποσοστά σωστή πρόβλεψης έως 86,5% για τους αγωγούς που «απέτυχαν». Η εφαρμογή του χρονικού βήματος ταυτοποίησε την επιτυχή εφαρμογή της μεθόδου.

Τέλος στην **ενότητα Ε** παρουσιάζονται οι τελευταίες εξελίξεις στον τομέα διαχείρισης του αστικού νερού. Καταρχήν παρουσιάζονται οι τεχνικές προσδιορισμού του κόστους και της τιμής του. Αναλύονται οι συνιστώσες του πλήρους κόστους του αστικού νερού και εισάγεται η ανταγωνιστική χρήση των απωλειών του νερού. Ακολουθεί η ανάλυση της προτεινόμενης κατανομής του πλήρους κόστους των απωλειών νερού και παρουσιάζονται οι βασικές αρχές μίας ολοκληρωμένης μεθοδολογίας υπολογισμού του πλήρους κόστους του αστικού νερού. Η ενότητα αυτή

συνδέεται με την απαίτηση της Οδηγίας Πλαίσιο για τα νερά (ενότητα Α) για τον υπολογισμό του πλήρους κόστους των υπηρεσιών νερού και την ανάκτησή του. Ακολουθεί ανάλυση θεμάτων που αφορούν στην τιμολόγηση του αστικού νερού και η επίδραση των απωλειών νερού στα επίπεδα τιμολόγησής του και παρουσιάζονται οι αρχές προτεινόμενης μεθοδολογίας τιμολόγησης του αστικού νερού συνυπολογίζοντας τις απώλειες νερού. Τέλος αναλύονται οι νέες πρακτικές χρηματοδότησης της κατασκευής αστικών έργων ύδρευσης και των έργων αναβάθμισης της λειτουργίας τους. Αναλύονται οι Συμπράξεις Δημόσιου Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ) ως ένα εργαλείο υλοποίησης έργων και παροχής υπηρεσιών Δημοσίου που γίνεται όλο και πιο δημοφιλές παγκοσμίως (και στον τομέα της παροχής νερού) και καταδεικνύονται τα προβλήματα που αφορούν στην εφαρμογή τους. Ειδική αναφορά γίνεται στα συμβόλαια σύνδεσης της αμοιβής με την απόδοση (Performance Based Service Contracts – PBSC) στον τομέα των υπηρεσιών παροχής πόσιμου νερού και ειδικά για έργα που σχετίζονται με την μείωση του νερού που δεν αποφέρει έσοδα στις εταιρείες παροχής πόσιμου νερού. Τέλος προσδιορίζονται τα κρίσιμα στοιχεία για την επιτυχία τους.

Η διατριβή κλείνει με την συγκεντρωτική παρουσίαση των κυριότερων συμπερασμάτων που εξήχθησαν, καθώς και με προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Alegre, H., Baptista, J.M., Cabrera, E. Jr., Cubillo, F., Duarte, P., Hirner, W., Merkel, W. and Parena, R. 2006. *Performance Indicators for Water Supply Services*, Second Edition, IWA publishing, UK
2. Andreou S. A., Marks D. H. and Clark R. M. 1987. “New methodology for modelling break failure patterns in deteriorating water distribution systems: Applications”. *Advances in Water Resources AWREDI*, **10**:2-10.
3. Arregui, F.J., Cabrera, E., Cobacho, R., García-Serra, J. 2006. “Reducing Apparent Losses Caused By Meters Inaccuracies”, *Water Practice & Technology* **1**(4) IWA Publishing doi: 10.2166/WPT.2006093.
4. Aslani P. 2003. *Hazard rate modelling and risk analysis of water mains*. MSc. thesis, Polytechnic University.
5. Cabrera, E., Pardo, M.A., Cobacho, R., Arregui, F.J. and Cabrera, E. Jr., 2009. “Evaluation of Carbon Credits Saved by Water Losses Reduction in Water Networks” *International Specialty Conference Water Loss 2009*, Cape Town, South Africa.
6. Christodoulou S., Aslani P. and Vanrenterghem A. 2003. “A risk analysis framework for evaluating structural degradation of water mains in urban settings, using neurofuzzy systems and statistical modeling techniques”. *World Water & Environmental Resources Congress 2003 and Related Symposia*, Pennsylvania, USA.
7. Christodoulou S., Aslani, P. and Deligianni A. 2006. “Integrated GIS-based management of water distribution networks”. In *International Conference on Computing and Decision-Making in Civil and Building Engineering*. Montreal, Canada. ASCE.
8. Christodoulou S. 2009. “Water network assessment and reliability analysis by use of survival analysis”. *7<sup>th</sup> International Conference of EWRA “Water Resources Conservancy and Risk Reduction Under Climatic Uncertainty”*. Limassol, Cyprus
9. Clark R. and Goodrich J. 1989. “Developing a Data Base on Infrastructure Needs”, *Journal of AWWA*, 81-87.
10. Clark R. M., Stafford C. L. and Goodrich J. A. 1982. “Water distribution systems: A spatial and cost evaluation”. *Journal of the Water Resources Planning and Management Division*, **108**:243-256.
11. Clark, R.M., Stevie R.G. and Trygg G.D. 1978. “An Analysis of municipal water supply costs”, *Journal of American Water Works Association*, **70**(10):543-547
12. Cummings, R., Norton, N., Norton, V., & Wilson, D. 2004. *Avoidable Water Losses in Georgia’s Municipal Water systems: an exploration of policy issue* (No. #2004- 008). Atlanta: GSU environmental policy program.
13. Farley, M. and Trow, S. 2003. *Losses in Water Distribution Networks – A practitioner’s Guide to Assessment, Monitoring and Control*, IWA Publishing, UK
14. Feldman, M. 2009. “Aspects of Energy Efficiency in Water Supply systems” *International Specialty Conference Water Loss 2009*, Cape Town, South Africa.
15. Goulter I., Davidson J. and Jacobs P. 1993. “Predicting water-main breakage rates”. *Journal of Water Resources Planning and Management*. **119**(4):419-436
16. Goulter I. and Kazemi A. 1988. “Spatial and temporal groupings of water main pipe breakage in Winnipeg”. *Journal of Transport Engineering Div. A.S.C.E.* **115**(2):95-111.

17. Hunaidi, O., Brothers, K., 2007. "Night Flow Analysis of Pilot DMAs in Ottawa", *International Specialty Conference Water Loss 2007*, Bucharest, Romania.
18. Kanakoudis V. K. and Tolikas D. K. 2004. "Assessing the Performance Level of a Water System". *Water, Air, & Soil Pollution: Focus*, **4**(4):307-318.
19. Kettler A.J. and Goulter I.C. 1985. "An analysis of pipe breakage in urban water distribution networks", *Canadian Journal of Civil Engineering*, **12**(2):286-293
20. Kleiner Y., Adams B.J. and Rogers J.S. 1998. "Long-term planning methodology for water distribution system rehabilitation". *Water Resources Research*. **34**(8):2039-2051
21. Kleiner Y. and Rajani B. 1999. "Using limited data to assess future needs". *Journal AWWA*. **91**: 47-61.
22. Kovac, J. 2007. "Case studies in applying the IWA WLTF approach in the West Balkan region: Pressure management", *International Specialty Conference Water Loss 2007*, Bucharest, Romania.
23. Maloney, S. W., Scholze, R. J., Bandy, J. T., & Construction Engineering Research Laboratory. 1986. *Preventing water loss in water distribution systems : moneysaving leak detection programs*. Champaign, Ill. Springfield, VA: US Army Corps of Engineers Construction Engineering Research Laboratory.
24. Marks D., Andreou S. and Park C. 1985. *Predicting urban water distribution maintenance strategies: a case study of the New Haven, Connecticut*. EPA Draft Report
25. O'Day D.K. 1982. "Organizing and analyzing leak and break data for making main replacement decisions", *Journal of AWWA*, **74**(11): 589-596.
26. O'Day D.K., Fox C.M. and Huguet G.M. 1980 "Aging water distribution systems: A computerized case study", *Journal of Public Works*, **3**(8):61-111
27. Park S, Jun H, Kim BJ, Im GC. 2008. „Modelling of water main failure rates using the log-linear ROCOF and the power law process". *Water Resources Management* **22**:1311–1324
28. Prasad T. D., Hong S-H., and Park N. 2003. "Reliability based design of water distribution networks using multi-objective genetic algorithms". *KSCE Journal of Civil Engineering*, **7**(3):351-361.
29. Rizzo A, Cilia J. 2005. "Quantifying Meter Under-Registration Caused by the Ball Valves of Roof Tanks (for Indirect Plumbing Systems)". *Leakage 2005*. Halifax, Canada.
30. Shamir U. and Howard C. 1979. "An analytical approach to scheduling pipe replacement". *Journal American Water Works Association*. **71**:248--258.
31. Stacha, J.H. 1978. "Criteria for pipeline replacement", *Journal of the American Water Works Association*, 256-258
32. Tuhovcak L., Rucka J. and Juhanak T. 2006. *Security of Water Supply Systems: from Source to Tap*. NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. 8:169-182. Springer, Netherlands.
33. The European Union 6th Environmental Action Programme, 2004 "Towards a thematic strategy on the sustainable use of natural resources", Final Report
34. Thornton, J. 2002. *Water Loss Control Manual*. New York. McGraw-Hill.
35. Tooms, S., and Pilcher, R. 2006. "Practical Guidelines on Efficient Water Loss Management", *Water Supply*, August, **47**.



36. Trifunovic, N., Sharma, S., Pathirana, A., 2009 “Modelling Leakage in Distribution System using EPANET” *International Specialty Conference Water Loss 2009*, Cape Town, South Africa.
37. Vanreenterghem-Raven A., Eisenbeis P., Juran I. and Christodoulou, S. 2004. “Statistical modelling of the structural degradation of an urban water distribution system: Case study of New York City”. *World Water & Environmental Resources Congress 2003 and Related Symposia*, Pennsylvania, USA.
38. Walski T.M. 1984. *Analysis of Water Distribution Systems*. Van Reinhold, New York, N.Y.
39. Walski T.M. and Pelliccia A. 1982. “Economic analysis of water main breaks”, *Journal of the AWWA*. **74**(3):140-147



# **ΕΝΟΤΗΤΑ Α:** **«Διαχείριση Υδατικών** **Πόρων»**



## Κεφάλαιο Α-1: Διαχείριση Υδατικών Πόρων

### Α-1.1 Ιστορικά

Το νερό υπήρξε ιστορικά ένας βασικός μοχλός της οικονομικής, κοινωνικής και πολιτισμικής ανάπτυξης των χωρών. Η σημασία του νερού ιδιαίτερα στην Ελλάδα είναι τεράστια όχι μόνο ως αγαθού αλλά και ως περιοριστικού παράγοντα για την κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη. Η εκτίμηση, πρόβλεψη, σχεδιασμός και διαχείριση των υδατικών πόρων είναι απαραίτητες προϋποθέσεις για την επίτευξη βιώσιμης ανάπτυξης. Η συνεχής επιδείνωση και υποβάθμιση της ποιότητας του περιβάλλοντος και του υδατικού περιβάλλοντος ειδικότερα, έχουν επιφέρει δραματικές αλλαγές στην ποσότητα, ποιότητα και διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων. Η κατάσταση δε γίνεται ακόμη πιο πολύπλοκη και δύσκολη υπό το πρίσμα των αλλαγών του κλίματος (φαινόμενο θερμοκηπίου) και χρήσεων γης (μείωση δασικών εκτάσεων, αύξηση αστικοποίησης κλπ.). Σε αυτό το πλαίσιο, η προστασία, ορθολογική διαχείριση και αξιοποίηση των υδατικών πόρων, αποτελούν κομβικά σημεία πολιτικής στρατηγικού σχεδιασμού σε εθνικό επίπεδο. Για να αξιοποιηθούν σωστά οι υδατικοί πόροι χρειάζεται να γίνουν έργα. Τα υδραυλικά έργα είναι αυτά που διασφαλίζουν την επάρκεια του νερού σε κάποια περιοχή ανάλογα με τη ζήτηση, που ρυθμίζουν κατάλληλα την ποσότητα του στο χρόνο (π.χ. ταμιευτήρες), που διανέμουν το νερό στο χώρο (π.χ. δίκτυα ύδρευσης), που προστατεύουν από τη πλημμυρική δράση του (αντιπλημμυρικά έργα) και που διατηρούν την ποιότητά του (π.χ. βιολογικοί καθαρισμοί). Μέσα απ' αυτά τα έργα εξυπηρετείται κυρίως η ζήτηση για τις διάφορες χρήσεις του νερού (αγροτική, αστική, βιομηχανική, ενεργειακή). Οι υδατικοί πόροι, τα υδραυλικά έργα και οι χρήσεις νερού είναι συνιστώσες αλληλένδετες και επηρεαζόμενες που συγκροτούν τον συνολικό τομέα του νερού μιας χώρας και πρέπει να αντιμετωπίζονται με κοινή οπτική γωνία τουλάχιστον όσον αφορά στον τομέα της πολιτικής, της διαχείρισης και των αποφάσεων.

Η Οδηγία Πλαίσιο για τα νερά αντιμετωπίζει με ενιαίο τρόπο τον συνολικό τομέα του νερού και έχει υψηλές απαιτήσεις και προδιαγραφές για στοιχεία, αναλύσεις και μοντέλα κλπ. που αφορούν ένα σύνολο πολλών επιμέρους συνιστωσών (π.χ. επιφανειακά, υπόγεια και θαλάσσια ύδατα, οικοσυστήματα κλπ.). (Μιμίκου, 2008).

### Α-1.2 Στον κόσμο

Σε Παγκόσμιο Επίπεδο, από μετρήσεις της Παγκόσμιας Τράπεζας, η ποσότητα νερού που δεν αποφέρει έσοδα (Non Revenue Water - NRW) ετησίως στις εταιρείες παροχής νερού ανέρχεται (με συντηρητικές εκτιμήσεις) στα 48,6 δισεκ. m<sup>3</sup> νερού. Το συνολικό κόστος (απώλεια εσόδων) των εταιρειών αυτών αντίστοιχα ανέρχεται ετησίως στα 14,6 δισεκ. US\$ (Πίνακες Α-1.1 και Α-1.2). Περισσότερο από το 1/3 αυτής της απώλειας εσόδων συμβαίνει στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου περίπου 45 εκατ. m<sup>3</sup> νερού χάνονται ημερησίως λόγω διαρροών, τη στιγμή που θα μπορούσαν να καλύψουν τις ανάγκες 200 εκατ. ανθρώπων. Την ίδια στιγμή 30 εκατ. m<sup>3</sup> νερού που παρέχονται ημερησίως για κατανάλωση, δεν αποφέρουν έσοδα (Κανακούδης et al., 2008).

Η Παγκόσμια Τράπεζα διατηρεί Βάση Δεδομένων (γνωστή ως IB-Net), με στοιχεία περισσότερων από 900 εταιρείας παροχής νερού σε 44 αναπτυσσόμενες χώρες. Η μέση τιμή του δείκτη NRW βάσει των δεδομένων της IB-Net, ανέρχεται, ως ποσοστό της ποσότητας νερού που εισέρχεται στο δίκτυο (Πίνακες A-1.1 και A-1.2):

(α) στις ανεπτυγμένες χώρες στο 15%, ισοδυναμώντας σε απώλεια 12,2 δισεκ. m<sup>3</sup> νερού και 5,3 δισεκ. US\$,

(β) στις ευρασιατικές χώρες στο 30%, ισοδυναμώντας σε απώλεια 9,7 δισεκ. m<sup>3</sup> νερού και 3,5 δισεκ. US\$ και

(γ) στις αναπτυσσόμενες χώρες στο 35%, ισοδυναμώντας σε απώλεια 26,7 δισεκ. m<sup>3</sup> νερού και 5,8 δισεκ. US\$.

**Πίνακας A-1.1.** Απώλειες νερού λόγω της τιμής του NRW στις χώρες παγκοσμίως (Liemberger et al., 2007)

		Ανεπτυγμένες	Ευρασία	Αναπτυσσόμενες	Σύνολο
Εκτίμηση NRW	Πληθυσμός σε εκατ. (2002)	744,80	178,00	837,20	<b>1.760,00</b>
	Εισερχόμενος Όγκος Νερού (SIV) (L/inh-d)	300,00	500,00	250,00	<b>296,50</b>
	NRW ως % του SIV	15,00	30,00	35,00	<b>25,60</b>
	Πραγματικές (%) απώλειες	80,00	70,00	60,00	<b>67,00</b>
	Εμφανείς απώλειες	20,00	30,00	40,00	<b>33,00</b>
	Ποσότητα νερού (δισεκ. m <sup>3</sup> /yr)	9,80	6,80	16,10	<b>32,70</b>
	Πραγματικές απώλειες	2,40	2,90	10,60	<b>15,90</b>
	Εμφανείς απώλειες	2,40	2,90	10,60	<b>15,90</b>
	<b>Συνολικό NRW</b>	<b>12,20</b>	<b>9,70</b>	<b>26,70</b>	<b>48,60</b>

**Πίνακας A-1.2.** Απώλειες εσόδων λόγω της τιμής του NRW στις χώρες παγκοσμίως (Liemberger et al., 2007)

	Μέση χρέωση (US\$/m <sup>3</sup> )	Κόστος Πραγματικών Απωλειών	Απώλεια εσόδων λόγω Εμφανών Απωλειών	Συνολικό κόστος NRW
Εκτιμώμενο κόστος (US\$ δισεκ./yr)				
Ανεπτυγμένες χώρες	1,00	2,9	2,4	<b>5,3</b>
Ευρασία	0,50	2,0	1,5	<b>3,5</b>
Αναπτυσσόμενες χώρες	0,25	3,2	2,6	<b>5,8</b>
	<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>8,1</b>	<b>6,5</b>	<b>14,6</b>

Κάθε χρόνο 33 δισεκ. m<sup>3</sup>, επεξεργασμένου στα διυλιστήρια, νερού χάνεται σε διαρροές, από τα παρεχόμενα 1.633 δισεκ. m<sup>3</sup> ημερησίως για κατανάλωση και για διάφορους λόγους δεν αποφέρουν έσοδα. Οι μισές από αυτές λαμβάνουν χώρα στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου οι δημόσιες εταιρείες παροχής νερού κυριολεκτικά υποφέρουν από έλλειψη πόρων για τη χρηματοδότηση της επέκτασης και βελτίωσης των δικτύων τους, που πάσχουν από συχνές αστοχίες και χαμηλής ποιότητας νερό.

Έχει υπολογιστεί ότι οι «εμφανείς απώλειες» νερού (δηλαδή το νερό που καταναλώνεται αλλά δεν τιμολογείται) στις αναπτυσσόμενες χώρες ανέρχεται ετησίως στα 2,6 δισεκ. US\$, που ισοδυναμεί με το 25% των ετήσιων επενδύσεων σε υποδομές

πόσιμο νερό στις χώρες αυτές! Η κατάσταση είναι τραγική και δεν μπορεί πλέον να αγνοηθεί.

### A-1.3 Στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα τα πράγματα δεν είναι καλύτερα. Αρχικά, υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των περιφερειών της Ελλάδας, όσον αφορά στα αποθέματα κατανάλωσης νερού (Πίνακας A-1.3). Τα μεγαλύτερα υδατικά διαθέσιμα παρουσιάζονται στην Περιφέρεια της Δυτικής Ελλάδας (33.072 m<sup>3</sup>/inh·yr) και τα μικρότερα υδατικά διαθέσιμα παρουσιάζονται στην Περιφέρεια Αττικής (103 m<sup>3</sup>/inh·yr). Επίσης από τα στοιχεία για τον τρόπο υδροληψίας των Δ.Ε.Υ.Α., διαπιστώνεται ότι το μεγαλύτερο μέρος των Δ.Ε.Υ.Α. (68,53%) υδροδοτείται από υπόγεια νερά, 31,22% από πηγές και επιφανειακά νερά γενικότερα και μόλις 0,24% υδροδοτείται μέσω συστημάτων αφαλάτωσης.

Ως προς την υφιστάμενη κατάσταση, από στοιχεία που συλλέχθηκαν από 124 Δ.Ε.Υ.Α., διαπιστώνεται ότι το 2006 για εξυπηρετούμενο πληθυσμό 3.200.000 κατοίκων (απογραφή 2001 2.897.422 κάτοικοι), αντλήθηκαν 383.070.201 m<sup>3</sup> νερού, καταναλώθηκαν 273.022.251 m<sup>3</sup> νερού και χρεώθηκαν 236.403.155 m<sup>3</sup> νερού. Ουσιαστικά καταγράφονται απώλειες 28,73% επί της κατανάλωσης και 38,29% επί της χρέωσης.

**Πίνακας A-1.3.** Αποθέματα Κατανάλωσης σε m<sup>3</sup>/inh·yr στις Περιφέρειες της Ελλάδας

Περιφέρειες Ελλάδας	Αποθέματα κατανάλωσης (m <sup>3</sup> /inh·yr)
Δυτικής Ελλάδας	33.072
Ηπείρου	12.087
Κεντρικής Μακεδονίας	10.393
Δυτικής Μακεδονίας	8.321
Πελοποννήσου	7.517
Θεσσαλίας	5.855
Ιονίων Νήσων	5.182
Στερεάς Ελλάδας	4.578
Κρήτης	4.366
Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης	4.127
Βορείου Αιγαίου	2.372
Αττικής	103

Για τον προσδιορισμό των οικονομικών συνεπειών, τόσο προς τις Δ.Ε.Υ.Α., όσο και τους δημότες, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από 48 Δ.Ε.Υ.Α. Η επεξεργασία τους έδειξε ότι:

(α) η διαφορά άντλησης κατανάλωσης των 48 Δ.Ε.Υ.Α. είναι της τάξης του 34,30%, που ισοδυναμεί με απώλεια του 1/3 του νερού που αντλείται,

(β) εξετάζοντας τις αντλούμενες ποσότητες προς τα ετήσια αποθέματα κατανάλωσης σε m<sup>3</sup>/inh στις Περιφέρειες της χώρας, και για τις Δ.Ε.Υ.Α. του δείγματος, προκύπτει ετήσια απώλεια της τάξης του 0,6107% των συνολικών αποθεμάτων η οποία υφίστανται λόγω της υπεράντλησης τους για υδρευτικούς σκοπούς που μάλιστα δεν τιμολογούνται,

(γ) η κατάσταση είναι δυσμενέστερη στην Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου, όπου οι ετήσιες απώλειες προσεγγίζουν το 6,4442%. Αποτέλεσμα αυτών είναι να παρουσιάζεται απώλεια φυσικών πόρων (σε κόστος άντλησης) της τάξης των 11,5 εκατ. €/έτος. Αντίστοιχα για κάθε 1% η οικονομική απώλεια (σε κόστος άντλησης) είναι της τάξης των 334,77 χιλ. €/έτος,

(δ) επίσης, λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω διαπιστώνεται ότι η επιβάρυνση επί των φυσικών πόρων είναι της τάξης των 0,15 €/m<sup>3</sup> νερού η οποία αφορά μόνο το κόστος άντλησης. Με δεδομένο ότι η μέση τιμή νερού ανά m<sup>3</sup> στο έτος 2007 ανέρχεται σε 1,43 €/m<sup>3</sup>, και το κόστος φυσικών πόρων που «χάνεται» ανέρχεται σε 0,15 €/m<sup>3</sup>, προκύπτει ότι η επιβάρυνση που προκαλείται από την απώλεια των φυσικών πόρων επιβαρύνει κατά 10,49% την τιμή του νερού ανά m<sup>3</sup> και

(ε) τέλος, αν γίνει αναγωγή αυτών προκύπτει ότι για κάθε 1% μείωσης των απωλειών προκύπτει όφελος λόγω του περιορισμού των κατά 0,0044 €/m<sup>3</sup>.

Είναι φανερό λοιπόν οι μεγάλες συνέπειες, φυσικές και οικονομικές που καταγράφονται από τους φορείς που διαχειρίζονται το νερό. Η μείωση των επιπέδων του νερού που δεν αποφέρει έσοδα (NRW) είναι επιτακτική, αρκεί να συνειδητοποιήσει κανείς ότι αν μόνον στον αναπτυσσόμενο κόσμο τα επίπεδα του NRW μειώνονταν κατά 50% αυτό θα είχε πολύ σημαντικά οφέλη αφού ετησίως:

(α) επιπλέον 8 δισεκ. m<sup>3</sup> επεξεργασμένου νερού θα ήταν διαθέσιμο για κατανάλωση σε χώρες που υποφέρουν και

(β) 90 εκατ. περισσότεροι άνθρωποι θα είχαν πρόσβαση σε πόσιμο νερό, χωρίς επιπλέον καταπόνηση των υποδομών (δικτύων) ή εκμετάλλευση των υδατικών πόρων.

Η προσπάθεια είναι σημαντική και οι δυνατότητες πολλές, αρκεί οι λήπτες αποφάσεων να κατανοήσουν ότι (Κανακούδης et al., 2008):

- το δίκτυο είναι ζωντανός οργανισμός
- σωστή ιεράρχηση δράσεων προϋποθέτει διαχείριση διαρροών
- απαιτείται δυναμική παρακολούθηση
- υπάρχει τεχνογνωσία και εμπειρία
- υπάρχουν καλές πρακτικές (BoBs)
- υπάρχει δυνατότητα χρηματοδότησης
- υπάρχει κοινός νους.



## Κεφάλαιο Α-2: Αποτίμηση της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ στην Ε.Ε.

### Α-2.1 Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ «για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων»

Παρότι στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει σημαντικά βήματα προόδου για την προστασία των υδατικών πόρων, λύνοντας σοβαρά προβλήματα σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο, χρειάζεται ακόμα σημαντική προσπάθεια ώστε να αποκατασταθεί η ποιότητά τους και να διατηρηθεί σε καλά επίπεδα. Μετά από 30 χρόνια ανάπτυξης σχετικής νομοθεσίας η ανάγκη αυτή εκφράζεται ομόφωνα από τους ενδιαφερόμενους φορείς (επιστημονική κοινότητα, περιβαλλοντικές οργανώσεις, πολίτες). Το 2000 η Οδηγία Πλαίσιο για τα νερά (WFD 2000/60/EC) έθεσε ένα σαφές πλαίσιο για τις ενέργειες στις οποίες πρέπει να προβεί η ΕΕ και τα μέλη της σχετικά με τις αρχές που θα διέπουν την ενιαία Πολιτική Νερού. Μέχρι σήμερα η εφαρμογή της Οδηγίας προχωρά ικανοποιητικά, αφού τα περισσότερα Κράτη Μέλη (ΚΜ) εκπληρώνουν έγκαιρα τις υποχρεώσεις τους αναφορικά με την υποβολή των αναφορών τους.

Όταν οι κάτοικοι των ΕΕ25 ΚΜ σε έρευνα του ΕυρωΒαρόμετρου κλήθηκαν να προσδιορίσουν το πιο σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα, το 47% απάντησε ‘η ρύπανση των νερών’ (σε μερικά ΚΜ το ποσοστό έφτασε το 71%) ([http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/info/intro\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/info/intro_en.htm)), επιβεβαιώνοντας την αυξανόμενη ανάγκη για καθαρό νερό στην ΕΕ και καθιστώντας την προστασία των ‘νερών’ ως μία από τις πρώτες προτεραιότητες της ΕΕ. Στις 23/10/2000, εξεδόθη η Κοινοτική Οδηγία Πλαίσιο WFD 2000/60/EC για τα νερά, με στόχο την αποκατάσταση και διατήρησή της ποιότητάς τους σε καλό επίπεδο, έως το 2015, θεωρώντας κρίσιμη την συμβολή των πολιτών της ΕΕ. Αποτελεί το πιο σημαντικό νομοθετικό εργαλείο για την προστασία των νερών στην ΕΕ, υποχρεώνοντας τα ΚΜ να επαναφέρουν τους υδατικούς τους πόρους σε καλή κατάσταση (οικολογική/ υδρομορφολογική/ χημική), ορίζοντας τη Λεκάνη Απορροής Ποταμού (ΛΑΠ) ως την κύρια μονάδα χωρικής διαχείρισης. Οκτώ χρόνια μετά την έκδοσή της Οδηγίας, η ΕΕ έχει ξεκινήσει την ανάλυση Κόστους-Οφέλους της διαδικασίας εφαρμογής της ώστε να προβεί σε διορθωτικές κινήσεις επίστευσης και αύξησης της αποτελεσματικότητάς της.

### Α-2.2 Αποτίμηση Εφαρμογής της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) καθιερώνει κοινοτικό πλαίσιο για την προστασία και τη διαχείριση των υδάτων. Η οδηγία-πλαίσιο προβλέπει ιδίως την ταυτοποίηση των ευρωπαϊκών υδάτων και των χαρακτηριστικών τους, ταξινομημένων ανά υδρογραφική λεκάνη και περιοχή (λεκάνη απορροής και περιοχή λεκάνης απορροής), με παράλληλη έγκριση των σχεδίων διαχείρισης και των προγραμμάτων λήψης των ενδεδειγμένων μέτρων για κάθε υδατικό σύστημα.

Η νέα Οδηγία-Πλαίσιο, μεταξύ άλλων:

- Προστατεύει όλα τα ύδατα – ποταμούς, λίμνες, παράκτια και υπόγεια.
- Θέτει φιλόδοξους στόχους για να εξασφαλιστεί ότι όλα τα ύδατα θα ανταποκρίνονται στην «καλή κατάσταση» μέχρι το 2015.
- Δημιουργεί σύστημα διαχείρισης σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού.
- Απαιτεί διασυνοριακή συνεργασία μεταξύ χωρών και όλων των εμπλεκόμενων μερών, (στην περίπτωση των διεθνών περιοχών λεκάνης απορροής ποταμού).
- Εξασφαλίζει ενεργό συμμετοχή όλων των φορέων, συμπεριλαμβανομένων των μη κυβερνητικών οργανισμών και των τοπικών αρχών, στις δραστηριότητες της διαχείρισης των υδάτων.
- Εξασφαλίζει μείωση και έλεγχο της ρύπανσης από όλες τις πηγές, όπως η γεωργία, η βιομηχανική δραστηριότητα, οι αστικές περιοχές, κτλ.
- Απαιτεί πολιτικές τιμολόγησης του νερού και εξασφαλίζει ότι ο «ρυπαίνων» πληρώνει.
- Εξισορροπεί τα συμφέροντα του περιβάλλοντος με τα συμφέροντα αυτών που εξαρτώνται από αυτό.

#### **A-2.2.1. Εποπτική εικόνα των άρθρων της Οδηγίας**

Η Οδηγία επιβάλλει η διαχείριση των ‘νερών’ να γίνεται στο επίπεδο της λεκάνης απορροής ποταμού (ΛΑΠ) και όχι στα διοικητικά όρια. Οι πρωτοβουλίες της ΕΕ για τους ποταμούς Maas, Schelde, Rhine υποστήριξαν αυτήν την προσέγγιση, την οποία υιοθέτησαν μόνο λίγα Κράτη Μέλη (ΚΜ). Για κάθε ΛΑΠ θα πρέπει να εκπονηθεί ένα Σχέδιο Διαχείρισης (ΣΔΛΑΠ), που θα επικαιροποιείται κάθε εξαετία. Κύρια απαίτηση είναι η προστασία του υδατικού περιβάλλοντος στο σύνολό του, εισάγοντας διαφορετικούς στόχους για τα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά.

Η εφαρμογή της Οδηγίας φανέρωσε πολλές κοινές προκλήσεις σε τεχνικά θέματα για τα 27 ΚΜ. Ένα κρίσιμο θέμα είναι οι διακρατικές ΛΑΠ καθιστώντας αναγκαία τη θέσπιση κοινών αρχών εφαρμογής. Για να αντιμετωπίσουν συντονισμένα τις προκλήσεις η ΕΕ και η Νορβηγία συμφώνησαν σε Κοινή Στρατηγική Εφαρμογής (Common Implementation Strategy - CIS) της Οδηγίας, πέντε μήνες μετά την έκδοσή της. Στην πρώτη φάση εφαρμογής (2003/04) κατευθυντήριες οδηγίες εφαρμόστηκαν πιλοτικά σε ΛΑΠ. Επίσης δημιουργήθηκαν Ομάδες Εργασίας (CIS Working Groups) με στόχο τη διαμόρφωση Στρατηγικών σε διάφορα θέματα, υποστηρίζοντας την ΕΕ στην έκδοση νέων Οδηγιών Διαχείρισης (Επικίνδυνες Ουσίες, Υπόγεια Νερά, Πλημμύρες). Σχετικά με τις υποχρεώσεις των ΚΜ, η Οδηγία απαιτεί εκτός από την εναρμόνιση της εθνικής νομοθεσίας, μία σειρά αναφορών που θα πρέπει να υποβάλλονται τακτικά ως το 2015, οπότε και θα πρέπει να έχουν επιτευχθεί όλοι οι στόχοι της (με επικαιροποίηση το 2021 και 2027). Όλα τα στοιχεία είναι διαθέσιμα σε μία ηλεκτρονική βάση δεδομένων και ένα πληροφοριακό σύστημα που ονομάζεται WISE (Water Information System for Europe) που στήθηκε ειδικά για αυτόν το λόγο από την ΕΕ (water.europa.eu).

Στον Πίνακα A-2.1 αναφέρονται αναλυτικά τα άρθρα της Οδηγίας.

**Πίνακας Α-2.1.** Τα άρθρα της Οδηγίας

Άρθρο	Αφορά
1	Σκοπός
2	Ορισμοί
3	Συντονισμός διοικητικών ρυθμίσεων σε περιοχές λεκάνης απορροής ποταμού
4	Περιβαλλοντικοί στόχοι
5	Χαρακτηριστικά της περιοχής λεκάνης απορροής ποταμού, επισκόπηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και οικονομική ανάλυση της χρήσης ύδατος
6	Μητρώο προστατευόμενων περιοχών
7	Ύδατα που χρησιμοποιούνται για την άντληση πόσιμου ύδατος
8	Παρακολούθηση της κατάστασης των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων και των προστατευόμενων περιοχών
9	Ανάκτηση κόστους για υπηρεσίες ύδατος
10	Η συνδυασμένη προσέγγιση για σημειακές και διάχυτες πηγές
11	Πρόγραμμα μέτρων
12	Θέματα που δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν σε επίπεδο κράτους μέλους
13	Σχέδια διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού
14	Πληροφόρηση του κοινού και διαβουλεύσεις
15	Υποβολή εκθέσεων
16	Στρατηγικές κατά της ρύπανσης των υδάτων
17	Στρατηγικές για την πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων
18	Έκθεση της Επιτροπής
19	Σχέδια για μελλοντικά κοινοτικά μέτρα
20	Τεχνικές προσαρμογές της οδηγίας
21	Κανονιστική επιτροπή
22	Καταργήσεις και μεταβατικές διατάξεις
23	Κυρώσεις
24	Εφαρμογή
25	Έναρξη ισχύος
26	Αποδέκτες

**Α-2.2.2. Οι σημαντικότερες προθεσμίες της Οδηγίας**

- Μέχρι το Δεκέμβριο του 2003 τα κράτη μέλη όφειλαν να εναρμονίσουν τη νομοθεσία τους με την Οδηγία, να προσδιορίσουν τις περιοχές λεκάνης απορροής ποταμού στο έδαφος τους, καθώς και την κατάλληλη αρμόδια Αρχή για την εφαρμογή των κανόνων της Οδηγίας σε καθεμία από τις περιοχές λεκάνης απορροής ποταμού τους.

- Επίσης, μέχρι το Δεκέμβριο του 2004 τα κράτη μέλη πρέπει να προβούν, για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού, σε ανάλυση των χαρακτηριστικών της, σε επισκόπηση των πιέσεων και επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στην κατάσταση των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων, καθώς και σε οικονομική ανάλυση για τις χρήσεις του νερού. Οφείλουν, επίσης, να δημιουργήσουν μητρώο προστατευόμενων περιοχών.

- Επιπρόσθετα, τα κράτη μέλη πρέπει μέχρι το Δεκέμβριο του 2006 να θέσουν σε λειτουργία προγράμματα παρακολούθησης της κατάστασης των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων, καθώς και των προστατευόμενων περιοχών.

- Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της ανάλυσης των πιέσεων και επιπτώσεων από τις ανθρώπινες δραστηριότητες στα επιφανειακά και υπόγεια νερά, συμπεριλαμβανομένης της οικονομικής ανάλυσης, καθώς και τα αποτελέσματα των προγραμμάτων παρακολούθησης, τα κράτη μέλη θα πρέπει να εντοπίσουν, μετά από ανάλυση κόστους – αποτελεσματικότητας, τα μέτρα που απαιτούνται για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων που θέτει η Οδηγία. Όλα τα μέτρα θα πρέπει να προσδιοριστούν μέχρι το Δεκέμβριο του 2009 και να τεθούν σε λειτουργία το αργότερο μέχρι το Δεκέμβριο του 2012, ώστε τα νερά να ανταποκρίνονται στην «καλή κατάσταση» μέχρι το 2015.

- Μέχρι το Δεκέμβριο του 2009 τα κράτη μέλη πρέπει επίσης να καταρτίσουν και να δημοσιεύσουν, για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού, ένα ολοκληρωμένο σχέδιο διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού. Τα σχέδια διαχείρισης καλύπτουν διάφορα στοιχεία όπως, γενική περιγραφή των χαρακτηριστικών της περιοχής λεκάνης απορροής ποταμού, περίληψη των σημαντικών πιέσεων και επιπτώσεων, προσδιορισμό και χαρτογράφηση των προστατευόμενων περιοχών, χάρτη των δικτύων παρακολούθησης, περίληψη της οικονομικής ανάλυσης, περίληψη των μέτρων που θεσπίζονται για την επίτευξη των στόχων της Οδηγίας κτλ.

- Ένα άλλο σημαντικό εργαλείο εφαρμογής είναι η ανάπτυξη πολιτικών τιμολόγησης του νερού. Η Οδηγία απαιτεί από τα κράτη μέλη, μέχρι το 2010, να αναπτύξουν πολιτικές τιμολόγησης του νερού οι οποίες να παρέχουν κατάλληλα κίνητρα στους χρήστες για να χρησιμοποιούν αποτελεσματικά το νερό και στις οποίες όλοι οι χρήστες – γεωργία, βιομηχανία και νοικοκυριά – συμβάλλουν κατάλληλα.

**Πίνακας Α-2.2.** Χρονοδιάγραμμα υλοποίησης στόχων της Οδηγίας

Έτος	Θέμα	Αναφορά
2000	Έναρξη ισχύος Οδηγίας	Αρθ. 25
2003	Εναρμόνιση με το Εθνικό Πλαίσιο	Αρθ. 23
	Προσδιορισμός λεκανών απορροής ποταμών	Αρθ. 3
2004	Χαρακτηρισμός των λεκανών: πιέσεις, επιπτώσεις και οικονομική ανάλυση	Αρθ. 5
2006	Εγκατάσταση δικτύου επισκόπησης	Αρθ. 8
	Έναρξη διαβουλεύσεων με κοινό	Αρθ. 14
2008	Παρουσίαση 1ου Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών	Αρθ.13
2009	Οριστικοποίηση Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών περιλαμβανομένων Μέτρων του Προγράμματος	Αρθ 13 & 11
2010	Εισαγωγή πολιτικών τιμολόγησης	Αρθ. 9
2012	Δημιουργία μέτρων λειτουργικών Προγραμμάτων	Αρθ. 11
2015	Επίτευξη περιβαλλοντικών στόχων	Αρθ. 4
2021	Τέλος 1ου κύκλου διαχείρισης	Αρθ. 4 & 13
2027	Τέλος 2ου κύκλου διαχείρισης, τελική προθεσμία για επίτευξη στόχων	Αρθ. 4 & 13

Τέλος, ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στην πληροφόρηση του κοινού. Σύμφωνα με το άρθρο 14, τα κράτη μέλη καλούνται να ενθαρρύνουν την ενεργό συμμετοχή όλων των μερών στην υλοποίηση της Οδηγίας, ιδίως στην εκπόνηση των σχεδίων διαχείρισης

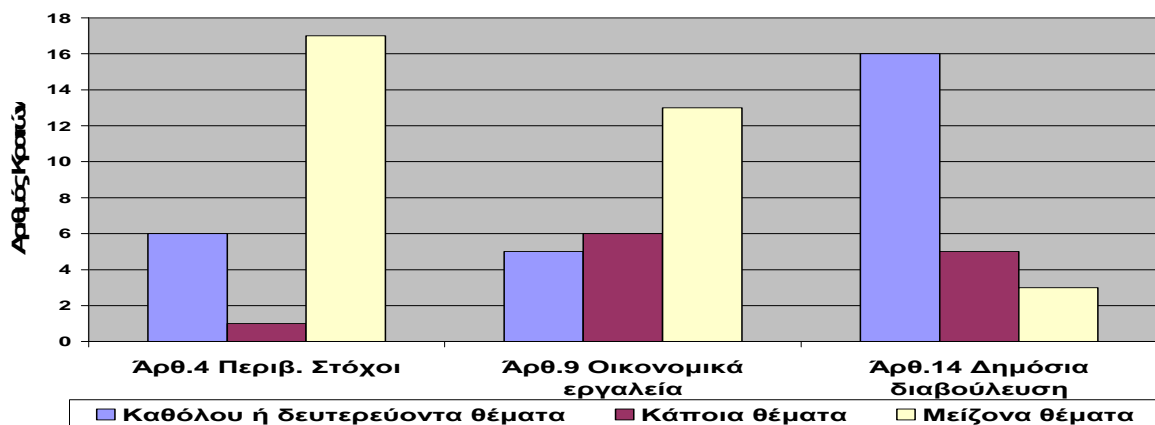
λεκάνης απορροής ποταμού. Επιπρόσθετα, τα κράτη μέλη, για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού, δημοσιεύουν και θέτουν στη διάθεση του κοινού, για τη διατύπωση παρατηρήσεων:

- χρονοδιάγραμμα και πρόγραμμα εργασιών για την εκπόνηση του σχεδίου διαχείρισης, το αργότερο μέχρι το Δεκέμβριο του 2006,
- μία ενδιάμεση επισκόπηση των σημαντικών ζητημάτων διαχείρισης που εντοπίστηκαν, το αργότερο μέχρι το Δεκέμβριο του 2007, και
- αντίγραφο του προσχεδίου διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού, το αργότερο μέχρι το Δεκέμβριο του 2008, δηλαδή ένα χρόνο πριν από την υιοθέτηση του, το Δεκέμβριο του 2009.

Στον πίνακα Α-2.2 φαίνεται το χρονοδιάγραμμα υλοποίησης των επιμέρους στόχων της Οδηγίας.

### Α-2.3 Εναρμόνιση της εθνικής νομοθεσίας με την οδηγία

Ενώ τα νέα ΚΜ (μαζί και η BG με την RO) εναρμόνισαν έγκαιρα (έως 22/12/03) την εθνική τους νομοθεσία με την Οδηγία, αυτό δεν συνέβη με τα περισσότερα ΕΕ15 ΚΜ (οι συντομογραφίες των ΚΜ παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα Α-4.1 στο τέλος της ενότητας Α). Το 2004, η ΕΕ άνοιξε 10 υποθέσεις μη αποστολής στοιχείων (LU, IT, BE, DE, PT, NL, FI, FR, SE, UK). Για τις 5 πρώτες το Ευρωπαϊκό Δικαστήριο ανέλαβε δράση. Οι 2 πρώτες παραμένουν ανοιχτές. Επίσης, η προκαταρκτική ανάλυση της διαδικασίας στην EL κατέδειξε μερική εναρμόνιση, προκαλώντας την έγκλησή της το 2005 για μη συμμόρφωση.



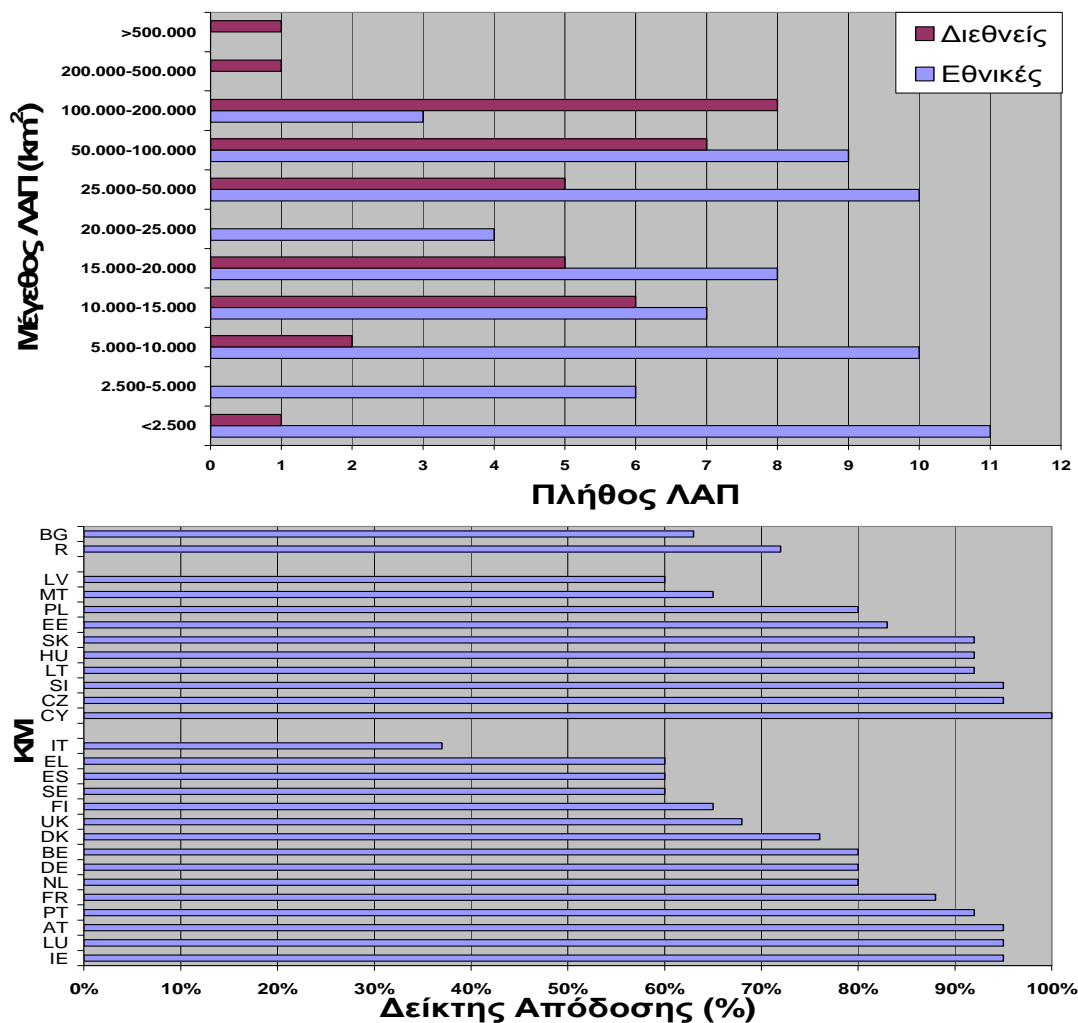
**Σχήμα Α-2.1.** Αρχική αποτίμηση συμμόρφωσης της εναρμόνισης με την Οδηγία (Πηγή: CEC 2007b)

Συνολικά, η αποτίμηση της διαδικασίας εναρμόνισης κατέδειξε εκτεταμένα προβλήματα. Οι Περιβαλλοντικοί Στόχοι (Άρθ.4) ενσωματώθηκαν ελλιπώς και 19 ΚΜ έχουν σοβαρές ελλείψεις όπως: α) ελλιπής ενσωμάτωση του Άρθ.4 σχετικά με στόχους, εξαιρέσεις και συνθήκες για το που και πως θα εφαρμοσθούν, β) ειδικά για το Άρθ.4.7: ο ασαφής προσδιορισμός του υπεύθυνου αδειοδότησης νέων (ή τροποποίησης

υφιστάμενων) δραστηριοτήτων που επιδρούν στο υδάτινο περιβάλλον (βιομηχανικές μονάδες, ΥΗΕ) προκαλεί αβεβαιότητα στον εκάστοτε επενδυτή, γ) αρκετοί εθνικοί νόμοι απέτυχαν να εισάγουν την υποχρέωση ανάκτησης του πλήρους κόστους νερού (Άρθ.9) και του ορισμού των 'υπηρεσιών παροχής νερού' που είναι κρίσιμες για την ανάκτηση αυτή, δ) μερικά ΚΜ απέτυχαν στην επαρκή εισαγωγή της υποχρέωσης συμμετοχής του κοινού (Άρθ.14) (Σχήμα Α-2.1). Τέλος, μόνο 3 ΚΜ (ΡΤ, ΑΤ, ΜΤ) είχαν συνολικά ικανοποιητική εναρμόνιση.

### Α-2.4 Διοικητική Αναδιάρθρωση (Άρθρο 3)

Επόμενη υποχρέωση ήταν ο προσδιορισμός των ΛΑΠ και των Φορέων Διαχείρισης (ΦΔ). Σε 9 περιπτώσεις μη αποστολής στοιχείων (ΒΕ, ΔΚ, FR, EL, ΙΤ, ΡΛ, ΕS, SE, ΜΤ,) παρενέβη η ΕΕ (όλες εκτός της ΕS λύθηκαν). Οι αναφορές των 27 ΚΜ προσδιόρισαν 110 ΛΑΠ (οι 40 είναι διακρατικές που καλύπτουν άνω του 60% της έκτασης της ΕΕ, καθιστώντας τη διακρατική συνεργασία σημαντική πρόκληση). Για κάθε μία ΛΑΠ θα πρέπει να εκπονηθεί ένα οριστικό ΣΔΛΑΠ έως τον 12/2009.



Σχήμα Α-2.2. (α) Μεγέθη ΛΑΠ & (β) Δείκτης Απόδοσης Άρθρου 3 (BG & RO: εκτίμηση) (Πηγή: CEC 2007b)

## A-2.5 Περιβαλλοντική και Οικονομική Ανάλυση (Άρθρο 5)

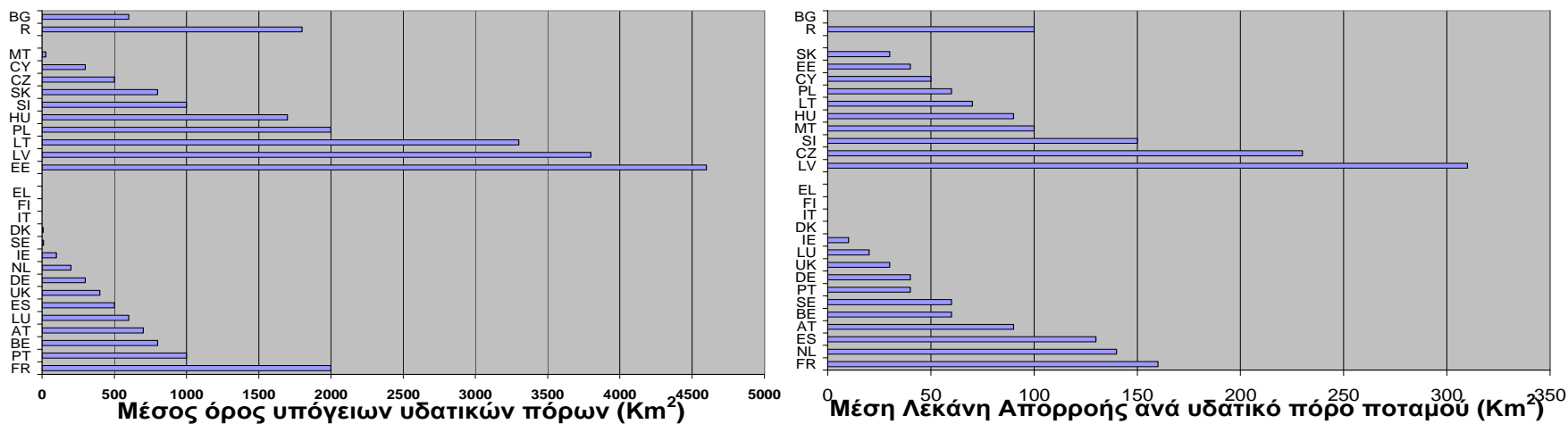
Το Άρθρο 5 περιλαμβάνει ανάλυση περιβαλλοντικών επιπτώσεων κάθε ανθρώπινης δραστηριότητας, οικονομική ανάλυση χρήσεων νερού, επανάκτηση κόστους νερού. Πολλά ΚΜ υπέβαλαν μία εθνική αναφορά για όλες τις ΛΑΠ, ενώ κάποια μία αναφορά για κάθε ΛΑΠ (90 αναφορές συνολικά). Στην ΕΕ25, 8 ΚΜ υπέβαλαν την αναφορά έγκαιρα (η ΒG και η RO εθελοντικά), 9 ΚΜ με τρίμηνη καθυστέρηση ενώ η ΙΤ και η ΕL μετά από ένα χρόνο! Για την υποστήριξη των εθνικών αναφορών, 8 διακρατικές ΛΑΠ (Scheldt, Danube, Rhine, Odra, Meuse, Ems, Eider) παρέδωσαν μία ενιαία αναφορά. Η ΕΕ κίνησε διαδικασίες μη αποστολής στοιχείων εναντίον της ΡΤ, ΕS, ΕL και ΙΤ (οι 2 τελευταίες δεν έχουν επιλυθεί).

Οι αναφορές έδειξαν ότι έγινε μεγάλη προσπάθεια στην περιβαλλοντική ανάλυση δημιουργώντας για πρώτη φορά μία βάση δεδομένων στην ΕΕ (θεωρείται πλέον ως ένα σημαντικό σημείο αναφοράς).

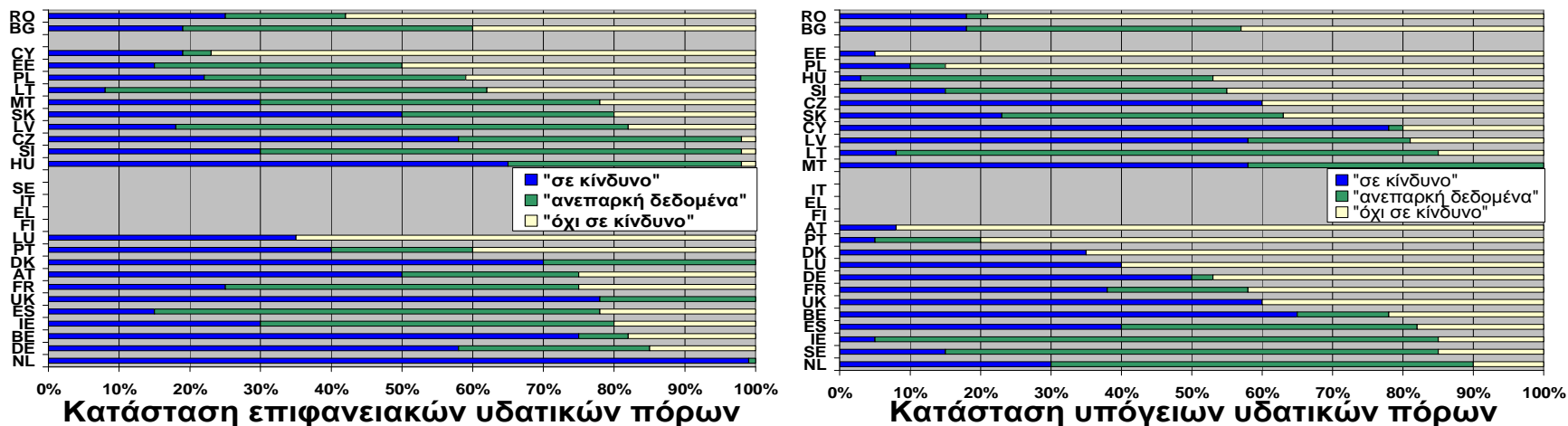
### A-2.5.1. Χαρακτηριστικά των ΛΑΠ

Στην ΕΕ27 προσδιορίστηκαν πάνω από 70.000 επιφανειακοί υδατικοί πόροι (80% ποταμοί, 15% λίμνες, 5% παράκτιοι/μεταβατικοί) εκτός της ΔΚ και ΕL (στοιχεία ελλιπή ή μη διαθέσιμα). Σχετικά με το μέγεθος των ΛΑΠ, δεν μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για όλη την ΕΕ, καθώς δεν έδωσαν στοιχεία όλα τα ΚΜ. Μεγάλες διαφορές υπάρχουν ακόμα μεταξύ εθνικών ΛΑΠ.

Διαιρώντας την συνολική έκταση με το πλήθος των υδατικών πόρων, προκύπτει ότι στην ΕΕ (εξαιρούνται ΒG, ΔΚ, FL, ΕL, ΙΤ), το μέσο μέγεθος ΛΑΠ είναι  $93\text{km}^2$ , ποικίλλοντας μεταξύ των ΚΜ (ΙΕ:  $19\text{km}^2$ , LV:  $312\text{km}^2$ ) (Σχήμα 2.3). Επίσης, το μέσο μέγεθος υπόγειων υδροφορέων είναι  $900\text{km}^2$  (πιο μικροί για ΔΚ, ΙΕ, ΜΤ, ΝL, SΕ). Μέχρι τώρα δε στοιχειοθετείται επίδραση του μεγέθους του υδατικού πόρου στην επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας. Τα ΚΜ όρισαν τέλος και τους τεχνητούς (κανάλι, λιμνοδεξαμενή) ή τροποποιημένους (πλωτά ποτάμια, ταμιευτήρες) υδατικούς τους πόρους. Στις ΒΕ, SΚ, CΖ το ποσοστό τους είναι άνω του 50%, στην ΙΕ και LV λιγότερο από 2% και στην υπόλοιπη ΕΕ είναι 16%. Στην ΝL οι φυσικοί υδατικοί πόροι είναι μόλις το 5%!



Σχήμα Α-2.3. Μέσο μέγεθος ( $Km^2$ ) (α) ΛΑΠ και (β) υπόγειων υδροφορέων στα ΚΜ (Πηγή: CEC 2007b)



Σχήμα Α-2.4. Ποσοστό επισφαλών (α) επιφανειακών & (β) υπόγειων υδατικών πόρων (Πηγή: CEC 2007b)



**A-2.5.2. Ανάλυση πιέσεων, επιπτώσεων, και επικινδυνότητας στους υδατικούς πόρους**

Στην ΕΕ27, 40% των επιφανειακών και 30% των υπόγειων υδατικών πόρων διατρέχουν κίνδυνο να μην πετύχουν τους στόχους της Οδηγίας ως το 2015, ενώ μόλις 30% και 25% αντίστοιχα είναι ασφαλείς! Για το υπόλοιπο 30% και 45% δεν υπάρχουν αξιόπιστα στοιχεία (Σχήμα Α-2.4). Κύριες αιτίες είναι:

- α) η Οδηγία εισάγει νέους περιβαλλοντικούς στόχους για πιέσεις που δεν συνυπολογίζονταν έως τώρα,
- β) τα ελλιπή στοιχεία για τις επιδράσεις αυτών των πιέσεων οδήγησαν σε υπερεκτίμηση του αριθμού των επισφαλών πόρων,
- γ) οι ασαφείς τάξεις κατάστασης υδάτων αύξησε την αβεβαιότητα των εκτιμήσεων,
- δ) κάποια ΚΜ δεν συνυπολόγιζαν τα περιβαλλοντικά μέτρα που είχαν προγραμματίσει να υλοποιήσουν και τα οποία ίσως επηρεάζουν την επίτευξη των στόχων της Οδηγίας, ούτε συνυπολόγισαν την πρόβλεψη των οικονομικών τάσεων ως το 2015.

Οι αναφορές του Άρθ.5 δεν μπορούν με ασφάλεια να ορίσουν ποιες πιέσεις/επιπτώσεις ευθύνονται για το μεγάλο αριθμό επισφαλών υδατικών πόρων. Μόνο 12 ΚΜ έδωσαν στοιχεία για τη σημασία διαφόρων πιέσεων/επιπτώσεων σε επιφανειακά νερά και μόλις 5 ΚΜ έδωσαν στοιχεία για συγκεκριμένες πιέσεις (σημειακή/μη σημειακή ρύπανση, ρυθμίσεις ροής, αλλαγή μορφολογίας, υδροληψία) (Σχήμα Α-2.5). Για τους υπόγειους υδατικούς πόρους ο όρος «επισφαλής» σχετίζεται με μη σημειακές πηγές ρύπανσης και ποιοτικές πιέσεις.

Ο μεγάλος αριθμός υδάτων που αντιμετωπίζουν κινδύνους συνδέεται άμεσα με περιοχές υψηλής δημογραφικής πυκνότητας και περιφέρειες εντατικής, και συχνά μη βιώσιμης χρήσης του νερού. Επιπλέον, η Οδηγία εξετάζει για πρώτη φορά σε κοινοτικό επίπεδο όλες τις πιέσεις και τις επιπτώσεις στο νερό, συμπεριλαμβανομένων των προβλημάτων λόγω της αποδιάρθρωσης των οικοσυστημάτων και των επιπτώσεων των βιολογικών παραμέτρων. Η αντιμετώπιση πολλών κρατών μελών ήταν να προβούν σε υπολογισμούς βάσει των χειρίστων ενδεχομένων κατά την αξιολόγηση της υγείας των υδατικών οικοσυστημάτων και των δεικτών συναρτήσεως της βιοποικιλότητας.

Επιπλέον, η πολιτική της ΕΕ για το νερό εξέτασε ορισμένες σοβαρές πιέσεις, όπως η ρύπανση που οφείλεται στην απόρριψη οικιακών απορριμμάτων στο νερό, τα θρεπτικά συστατικά από τη γεωργία, οι βιομηχανικές εκπομπές και οι απορρίψεις επικινδύνων ουσιών, πολύ πριν από την εφαρμογή της Οδηγίας. Η συνολική ανάλυση των παραπάνω πιέσεων αποκαλύπτει σαφείς διαφορές στο επίπεδο εφαρμογής της αντίστοιχης νομοθεσίας (σε ορισμένα κράτη μέλη είναι χαμηλό). Στις περιπτώσεις που κατά τα τελευταία 10 με 30 χρόνια πραγματοποιήθηκαν οι δέουσες επενδύσεις, έχει ως επί το πλείστον επιτευχθεί η επίλυση των παραπάνω προβλημάτων. Για τα 10 κράτη μέλη (ΕΕ, CY, LV, LT, MT, HU, PL, SK, SI, CZ) που εισχώρησαν στην ΕΕ το 2004 και τα 2 που ακολούθησαν το 2007 (BG, RO), από κοινού ΕΕ-12, έχουν προβλεφθεί μεταβατικές περίοδοι, που ως επί το πλείστον λήγουν το 2015, για την πλήρη εφαρμογή των κανονιστικών διατάξεων σχετικά με τον έλεγχο των σημειακών πηγών οι οποίες συνεπάγονται σοβαρές επενδύσεις.

Οι σημαντικότερες και πλέον διαδεδομένες πιέσεις είναι η διάχυτη ρύπανση, η φυσική υποβάθμιση των οικοσυστημάτων του ύδατος (φυσικές τροποποιήσεις) και, ιδίως στη νότια Ευρώπη, η υπερεκμετάλλευση του ύδατος. Σε ορισμένα κράτη μέλη της ΕΕ-15, και

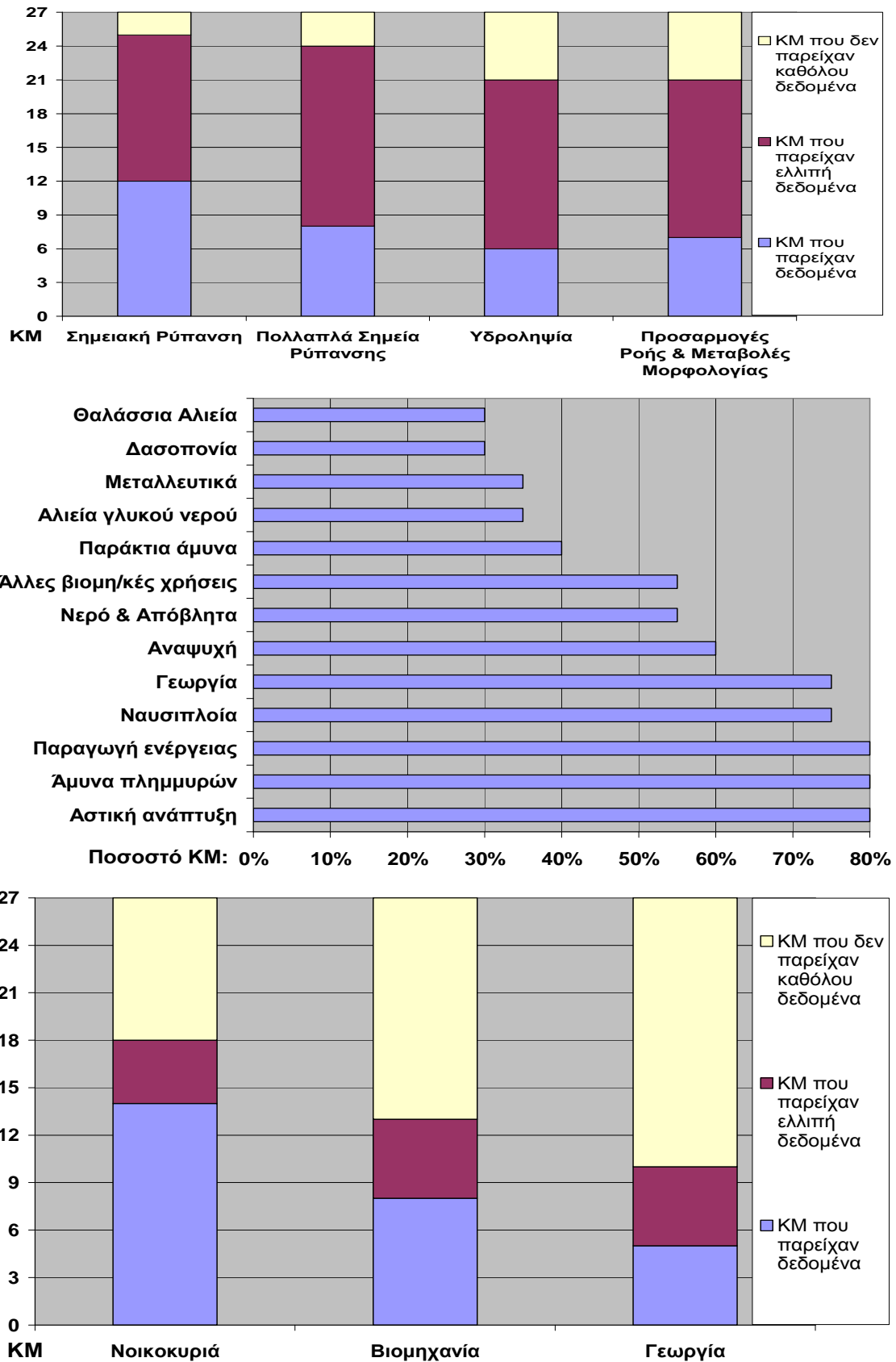
γενικότερα στα κράτη μέλη της ΕΕ-12, εξακολουθεί να αποτελεί πρόβλημα και η σημειακή ρύπανση. Οι κινητήριες δυνάμεις πίσω από τις παραπάνω πιέσεις είναι κυρίως η βιομηχανία, τα νοικοκυριά, η γεωργία, η ναυσιπλοΐα, η υδροηλεκτρική ενέργεια, η αντιπλημμυρική προστασία και η ανάπτυξη των αστικών κέντρων.

Σχετικά με τη νιτρορρύπανση στη γεωργία, η διάχυτη ρύπανση γεωργικής προέλευσης αποτελεί μείζονα απειλή για τα ύδατα της ΕΕ. Η τρίτη έκθεση σχετικά με την εφαρμογή της οδηγίας για την αντιμετώπιση της νιτρορρύπανσης επιβεβαιώνει ότι η γεωργία συμβάλει ουσιαστικά στη νιτρορρύπανση των υπογείων και επιφανειακών υδάτων καθώς και στο φαινόμενο του ευτροφισμού. Τα τελευταία χρόνια σημειώθηκε πρόοδος ως προς την εφαρμογή της εν λόγω οδηγίας η οποία, εν τούτοις, εξακολουθεί να είναι ελλιπής και να απαιτεί την καταβολή περαιτέρω προσπαθειών. Θα πρέπει να ολοκληρωθεί ο χαρακτηρισμός των ζωνών που κινδυνεύουν από νιτρορρύπανση, των οποίων η επιφάνεια αυξήθηκε από 35,5% του εδάφους της ΕΕ-15 το 1999 σε 44% το 2003, ιδίως στα κράτη μέλη στη νότια Ευρώπη. Επιβάλλεται να βελτιωθούν τα προγράμματα δράσης που αφορούν την ποιότητα και την πληρότητα των μέτρων, συμπεριλαμβανομένης και της ανάληψης αναβαθμισμένων δράσεων, εφόσον καταστεί σαφές ότι δε θα επιτευχθούν οι στόχοι της οδηγίας.

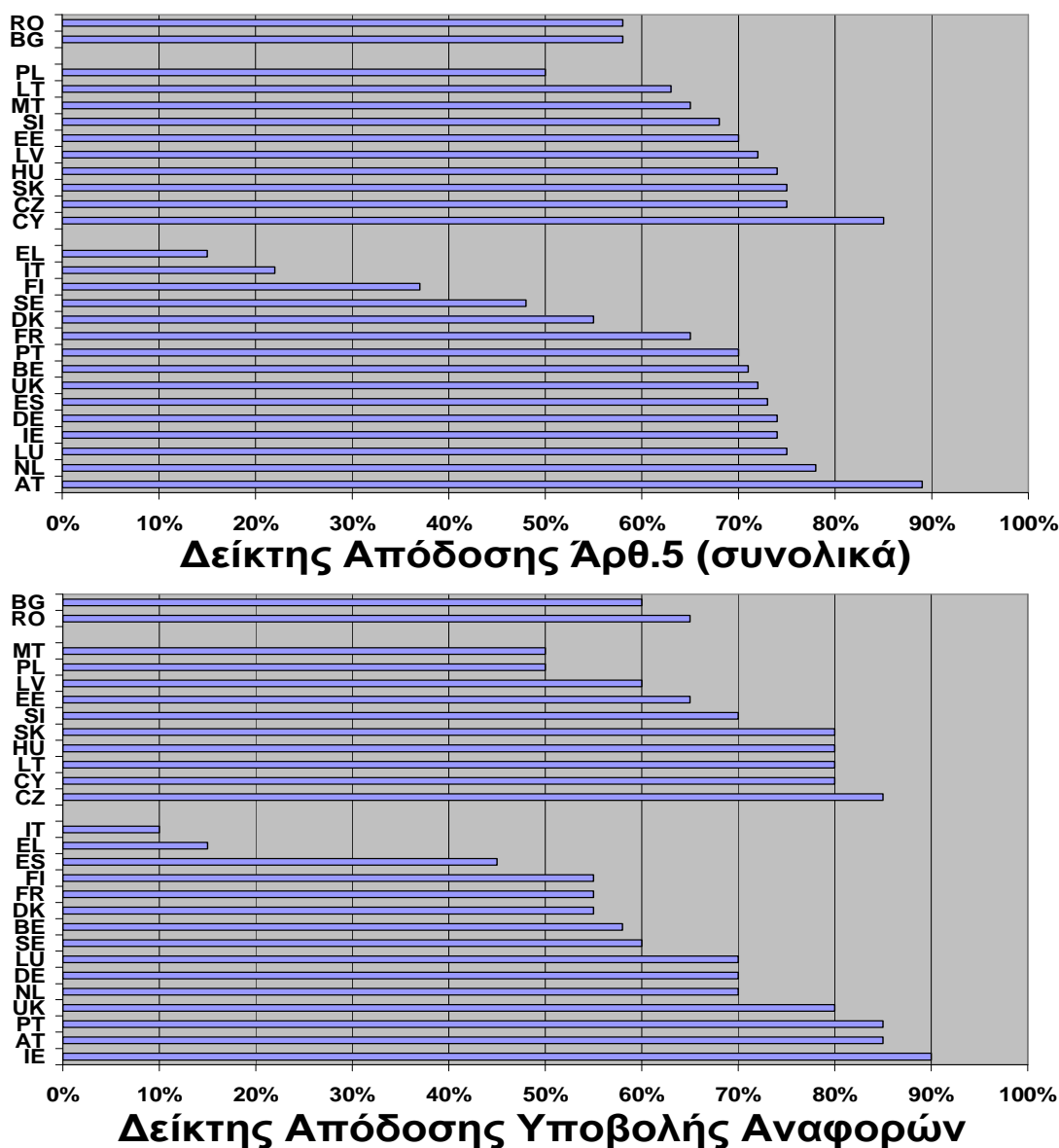
Το γεγονός ότι δεν επιχειρείται εσωτερικός καταλογισμός των περιβαλλοντικών δαπανών συνιστά ενδεχομένως συνιστά επιπλέον λόγο για τον οποίο δεν επετεύχθη μέχρι σήμερα η αειφόρος χρήση του ύδατος. Ωστόσο, η WFD καθιερώνει σύστημα που προβλέπει ότι το περιβαλλοντικό κόστος και το κόστος για τους πόρους πρέπει να λαμβάνονται δεόντως υπόψη κατά τον καθορισμό της συμβολής των επιμέρους χρήσεων στην ανάκτηση των δαπανών για τις υπηρεσίες ύδατος.

### **A-2.5.3. Οικονομική ανάλυση και διεθνής συνεργασία**

Καθώς πολλά ΚΜ είχαν ελλιπείς αναφορές οικονομικής ανάλυσης δεν υπάρχουν συνολικά συμπεράσματα για όλη την ΕΕ. Από τα διαθέσιμα στοιχεία, η ανάκτηση κόστους είναι προσανατολισμένη στα νοικοκυριά, με τη βιομηχανία και τη γεωργία να έπονται (Σχήμα A-2.5). Καθώς τα μισά ΚΜ δεν έδωσαν στοιχεία ανάκτησης κόστους, δεν μπορεί να εξαχθεί μέσος όρος για όλη την ΕΕ. Τα ΚΜ που έδωσαν στοιχεία έδειξαν ένα ρυθμό ανάκτησης κόστους υπηρεσιών μεταξύ 70-100% για τα νοικοκυριά, 40-100% για τη βιομηχανία και 1-100% για τη γεωργία. Στην ανάλυση τα περισσότερα ΚΜ δεν συνεκτίμησαν τα περιβαλλοντικά κόστη και δεν προσδιόρισαν ξεκάθαρα τις υπηρεσίες παροχής νερού. Το υψηλότερο επίπεδο διεθνούς συνεργασίας επιτεύχθηκε στις διεθνείς ΛΑΠ για τις οποίες υπεβλήθη κοινή αναφορά. Πεδία της ήταν ο χαρακτηρισμός και οι εκτιμήσεις κινδύνων. Αντίθετα δεν υπάρχουν στοιχεία επαρκούς συνεργασίας στην οικονομική ανάλυση. Σε 10 ΛΑΠ αναφέρονται διασυνοριακοί επιφανειακοί υδατικοί πόροι και σε 5 υπόγειοι. Κοινή τυπολογία και εκτιμήσεις κόστους υπήρξαν σε λίγες περιπτώσεις, ενώ σε άλλες η επεξεργασία έγινε σε εθνικό επίπεδο με συγκρίσεις σε διεθνές.



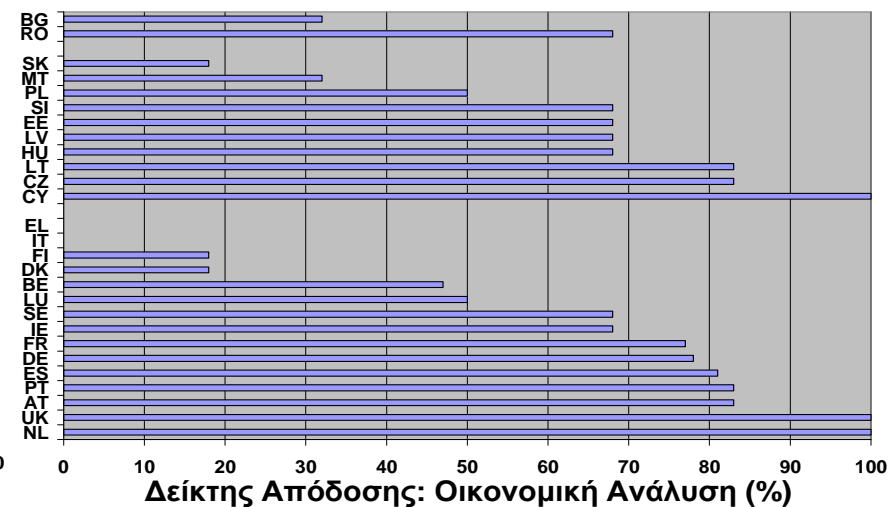
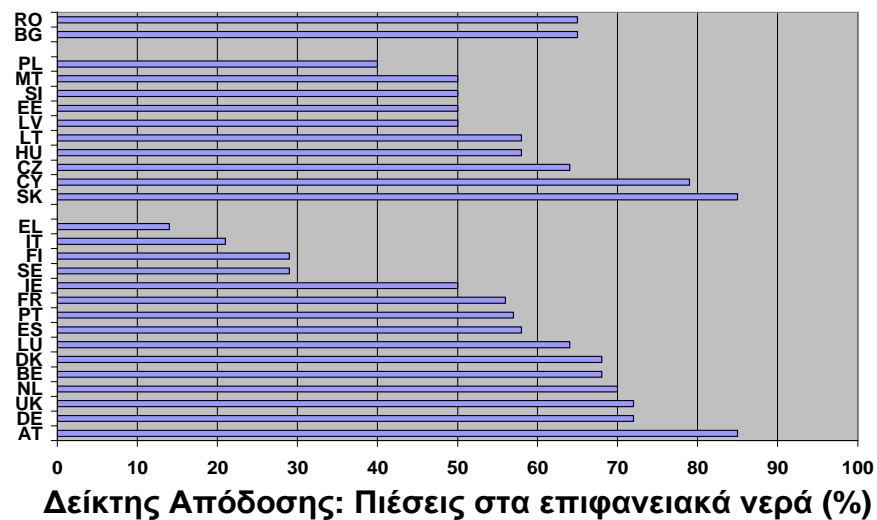
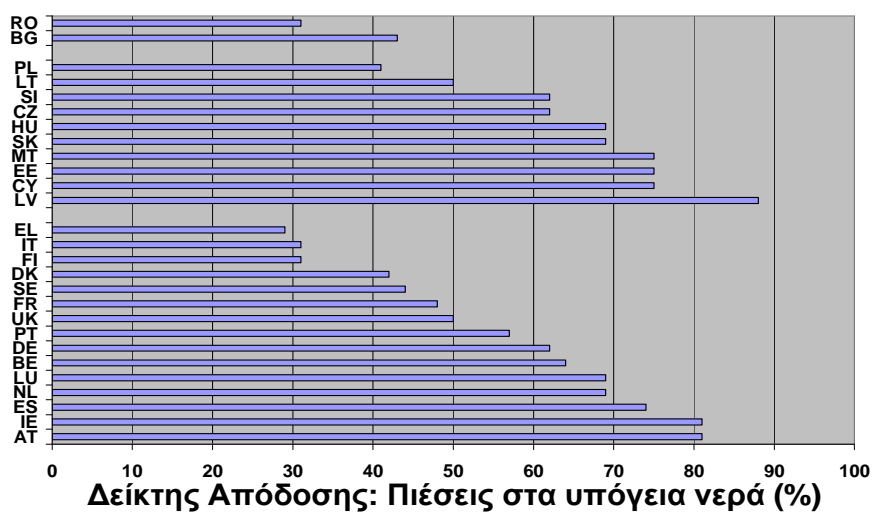
Σχήμα Α-2.5. (α) Στοιχεία πιέσεων, (β) αιτίες πιέσεων, (γ) τομείς ανάκτησης κόστους (Πηγή: CEC 2007b)



Σχήμα Α-2.6. Δείκτες απόδοσης συνολικά για (α) το Άρθ.5 και (β) την υποβολή των εκθέσεων (Πηγή: CEC 2007b)

#### Α-2.5.4. Αποτελέσματα της διαδικασίας ελέγχου απόδοσης των αναλύσεων του Άρθ.5

Η ποιότητα των αναλύσεων ποικίλει ακόμα και μεταξύ εθνικών ΛΑΠ. Κάποια ΚΜ είχαν υψηλές επιδόσεις, γεγονός όμως που από μόνο του δεν σημαίνει ότι η Οδηγία εφαρμόζεται σωστά (Σχήμα Α-2.6). Παρότι πολλά ΚΜ πέτυχαν στην ανάλυση των χαρακτηριστικών των ΛΑΠ, απέτυχαν στην ανάλυση πιέσεων/επιπτώσεων/κινδύνων (Σχήμα Α-2.7). Αποκλίσεις μεταξύ ΚΜ υπήρξαν σχετικά με τη λεπτομέρεια των στοιχείων κυρίως στην οικονομική ανάλυση. Η συγκριτική ανάλυση αφορούσε: τομείς με γνωστό επίπεδο ανάκτησης κόστους, μια περίληψη για τις χρήσεις νερού στην κοινωνικο-οικονομική σπουδαιότητα των ΛΑΠ που σχετίζονται με τις σημαντικές πιέσεις, και μια περίληψη της δουλειάς που έχει γίνει για να καθιερωθεί ένα βασικό σενάριο. Τα ΚΜ που έδωσαν στοιχεία δήλωσαν και προστατευμένες περιοχές (DK, DE, EE έδωσαν κάποια, SE και CY όχι).



Σχήμα Α-2.7. Δείκτης απόδοσης για (α)ανάλυση χαρακτηριστικών (πιέσεις/επιπτώσεις /επικινδυνότητα), (β)επιφανειακούς υδατικούς πόρους, (γ)υπόγειους υδατικούς πόρους και (δ)οικονομική ανάλυση (για BG, RO τα στοιχεία βασίζονται στην προκαταρκτική ανάλυση) (Πηγή: CEC 2007b)

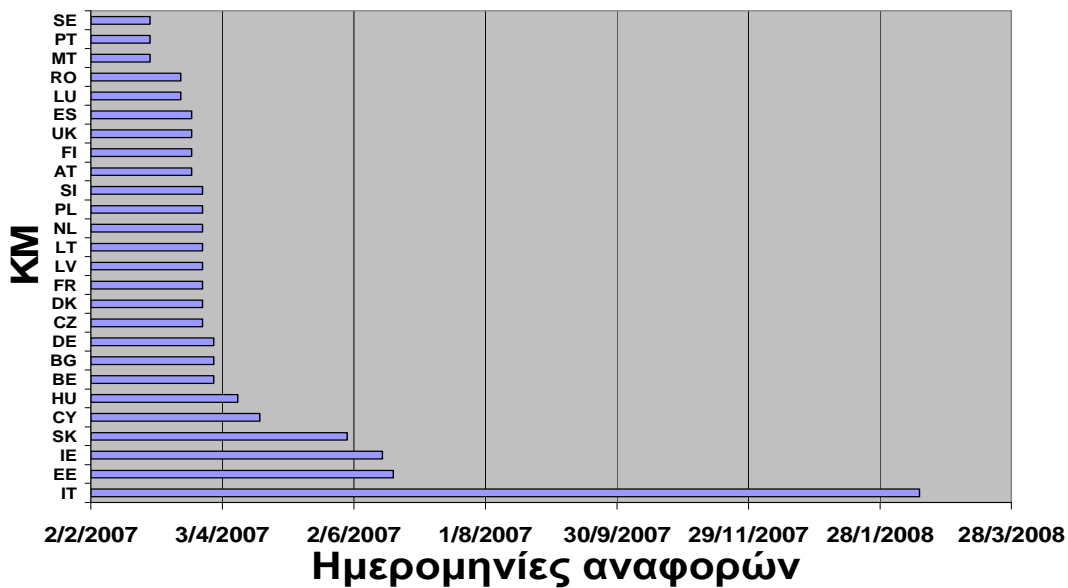
Οι αναφορές έδειξαν ότι για πολλούς υδατικούς πόρους η εκτίμηση κινδύνων δεν ήταν τελική. Λείπουν στοιχεία πιέσεων για τον προσδιορισμό των επισφαλών υδατικών πόρων και απουσιάζει η πλήρης ανάλυση κινδύνων, που είναι η κύρια προτεραιότητα μελετώντας τα στοιχεία των δικτύων παρακολούθησης (2007-2008), ώστε να μπορούν να εκπονηθούν τα ΣΔΛΑΠ και τα προγράμματα μέτρων (2009). Τα στοιχεία ανάπτυξης μεθόδων βιολογικής παρακολούθησης σε πολλά ΚΜ είναι ανησυχητικά με ελλείψεις στην ανάπτυξη μεθόδων εκτίμησης κάποιων στοιχείων βιολογικής ποιότητας, προκαλώντας αβεβαιότητα για το βαθμό που τα δίκτυα θα δώσουν πλήρη στοιχεία για την κατάσταση των νερών. Η επένδυση στα δίκτυα παρακολούθησης βοηθάει στη λήψη αποφάσεων αποτρέποντας μεγαλύτερες επενδύσεις αργότερα. Πρέπει να ακολουθηθούν κοινές αρχές στην περιγραφή των υδροφορέων με βάση τις εμπειρίες από πιλοτικές ΛΑΠ. Το μέγεθος των υδροφορέων επηρεάζει την παρακολούθησή τους απαιτώντας τη βελτίωση της περιγραφής τους πριν δημοσιευθούν τα ΣΔΛΑΠ. Τα στοιχεία πιέσεων/επιπτώσεων υδροφορέων πρέπει να συμπληρωθούν, αφού πιο λεπτομερής εκτίμηση απαιτείται για τον ορισμό των οριακών τιμών, των τάσεων και των μέτρων πρόληψής τους. Για το χαρακτηρισμό των τροποποιημένων και την ανάλυση των επισφαλών υδατικών πόρων, οι μέθοδοι χαρακτηρισμού/ανάλυσης επιπτώσεων χρίζουν βελτίωσης. Οι οικονομικές αναλύσεις πολλών ΚΜ είναι ελλιπείς (το μείζον πρόβλημα εφαρμογής της Οδηγίας), επηρεάζοντας τον ορισμό των υπηρεσιών νερού, και τον υπολογισμό του κόστους ανάκτησής τους όσον αφορά στα περιβαλλοντικά κόστη και στους τομείς που εμπλέκονται. Για την εκπόνηση των ΣΔΛΑΠ απαιτείται βελτίωση της συνεργασίας των ΚΜ, καθώς και με μη-ΚΜ, για την επίτευξη των στόχων της Οδηγίας σε όλες τις ΛΑΠ. Τέλος, καθώς οι παράμετροι της κλιματικής αλλαγής μπορεί να διακινδυνεύσουν την επίτευξη των στόχων, πρέπει να λογίζονται ως επιπρόσθετη πίεση στα ύδατα της ΕΕ.

## A-2.6 Δίκτυα παρακολούθησης (Άρθρο 8)

Η WFD καθορίζει τρεις τύπους παρακολούθησης: α) η εποπτική παρακολούθηση παρέχει ευρεία κατανόηση της κατάστασης των νερών και ανιχνεύει αργές αλλαγές στις τάσεις που οφείλονται π.χ. στη κλιματική αλλαγή, β) η επιχειρησιακή παρακολούθηση εστιάζει στα υδάτινα σώματα που δεν είναι σε καλή κατάσταση και σαν κύριες πιέσεις αντιμετωπίζουν την μόλυνση, ή την ροή νερού (όταν η υδροληψία παράγει κινδύνους). Η επιχειρησιακή παρακολούθηση ανιχνεύει την αποτελεσματικότητα των επενδύσεων και άλλων μέτρων για την βελτίωση της κατάστασης των νερών και γ) τα ΚΜ αναλαμβάνουν την ποσοτική παρακολούθηση όταν χρειάζονται επιπλέον πληροφορίες για τα επιφανειακά νερά που δεν προκύπτουν από τη εποπτική παρακολούθηση, καθώς και πληροφοριών από ατυχήματα. Επίσης, τα ΚΜ πρέπει να προχωρήσουν σε πιο λεπτομερή ανάλυση για προστατευόμενες περιοχές με επιπλέον προστασία για τη χλωρίδα ή πανίδα (WISE, 2008).

Το άρθρο 8 απαιτούσε εγκατάσταση και λειτουργία σταθμών παρακολούθησης ως το τέλος του 2006 (υποβολή αναφορών έως τον Μάρτιο του 2007). Αναφορές υπέβαλαν 26 ΚΜ (εκτός της ΕΛ, ενώ η ΜΤ υπέβαλε μόνο για υπόγεια ύδατα). Από τους 57.000 σταθμούς που δηλώθηκαν για τα επιφανειακά νερά οι 26.000 αφορούν εποπτική παρακολούθηση, 41.000 επιχειρησιακή παρακολούθηση και 12.000 και για τα δύο (WISE, 2008). Για τα υπόγεια ύδατα δηλώθηκαν 51.000 σταθμοί από τους οποίους 31.000 για εποπτική παρακολούθηση, 20.000 για επιχειρησιακή παρακολούθηση και 30.000 για παρακολούθηση της στάθμης των υπόγειων νερών (CEC, 2009). Στον πίνακα A-2.3 παρουσιάζονται αναλυτικά οι σταθμοί

παρακολούθησης για τα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά ανά είδος υδατικού πόρου (ποτάμια, λίμνες, μεταβατικά και παράκτια ύδατα και υπόγεια ύδατα). Η καινοτομία της WFD είναι ότι δεν λαμβάνει υπόψη μόνο τη χημική μόλυνση αλλά αναφέρεται και στα υδατικά οικοσυστήματα που διαφέρουν πολύ εντός ΕΕ. Η διαδικασία της επισκόπησης αφορά και τις ανθρώπινες επεμβάσεις στην υδρομορφολογία των ποταμών, όπως οι αλλαγές στη ροή τους ως αποτέλεσμα έργων υδροληψίας και φραγμάτων. Σε κάποια ΚΜ η μέτρηση αυτών των αλλαγών αποτελεί νέα δραστηριότητα επισκόπησης. Η παρακολούθηση επιφανειακών νερών καλύπτει την χημική σύσταση του νερού, έναν αριθμό βιολογικών στοιχείων, τα υδρολογικά-μορφολογικά χαρακτηριστικά των πόρων για να παρέχουν μία περιεκτική επισκόπηση σε επίπεδο ΕΕ. Η παρακολούθηση υπόγειων νερών καλύπτει την ποιότητα και ποσότητά τους. Τα ΚΜ που υπέβαλαν αναφορές ανιχνεύουν κάποιες, αν όχι όλες, τις ουσιαστικές βιολογικές παραμέτρους στα προγράμματα παρακολούθησής τους.



**Σχήμα A-2.8.** Ημερομηνίες αναφορών των ΚΜ για την εφαρμογή του άρθρου 8 (Πηγή: CEC 2009)

Οι αναφορές στην επισκόπηση των προστατευόμενων περιοχών εμφανίζονται ελλιπείς. Επιπλέον πολλά ΚΜ δεν παρείχαν πληροφορίες για το σχεδιασμό (μεθοδολογικά) των προγραμμάτων τους. Στο σχήμα A-2.8 φαίνονται οι ημερομηνίες υποβολής των αναφορών των ΚΜ (προθεσμία υποβολής 22/3/2007).

**Πίνακας A-2.3.** Αριθμός σταθμών δικτύων επισκόπησης για τα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά για τα 27ΚΜ (εποπτ:εποπτική, επιχ:επιχειρησιακή, ποσοτ:ποσοτική παρακολούθηση) (Πηγή: CEC 2009)

ΚΜ	ποτάμια		λίμνες		μεταβατικά ύδατα		παράκτια ύδατα		υπόγεια ύδατα		ΠΟΣΟΤ
	ΕΠΟΠΤ	ΕΠΙΧ	ΕΠΟΠΤ	ΕΠΙΧ	ΕΠΟΠΤ	ΕΠΙΧ	ΕΠΟΠΤ	ΕΠΙΧ	ΕΠΟΠΤ	ΕΠΙΧ	
AT	76	497	33	1					2.012	247	3.359
BE	127	673	10	36	13	21	4	5	454	140	288
BG	188	228	74	32			7	6	185	70	224
CY	19	12	10	1			7	1	84	69	84
CZ	111	835	27	76					462	462	670
DE	260	5.728	68	585	7	7	34	70	5.682	3.979	8.960
DK	728	748	263	265	0	0	34	51	858	858	123
EE	226	17	96	24			55	0	383	44	257
EL	Δεν υποβλήθηκε αναφορά										
ES	1.986	700	239	101	316	15	1.144	327	2.067	662	2.660
FI	73	40	92	15			51	48	180	84	181
FR	1.581	2.070	200	212	54	70	93	61	1.742	1.284	1.634
HU	121	307	21	32					1.742	0	1.772
IE	191	2.540	65	133	26	58	12	21	219	115	139
IT	4.714	4.795	710	714	253	253	2.540	2.540	5.705	5.705	0
LT	498	532	178	126					237	0	74
LU	5	17	0	0					31	0	11
LV	33	88	30	42	10	2	14	4	77	0	57
MT	Δεν υποβλήθηκε αναφορά για τα επιφανειακά νερά										
NL	74	227	70	224	18	18	26	16	1.048	394	1.004
PL	1.218	1.594	1.288	53	17	19	16	7	918	115	804
PT	301	316	30	46	40	0	14	0	349	211	328
RO	1.529	650	453	262	18	18	40	39	2.500	1.142	3.363
SE	235	769	342	660	2	1	113	132	115	0	0
SI	48	200	4	15			4	5	128	30	139
SK	565	615	23	8					130	413	1.507
UK	1.418	10.518	113	257	130	250	384	460	3.673	3.625	1.289
<b>Σύνολο</b>	<b>16.325</b>	<b>34.716</b>	<b>4.439</b>	<b>3.920</b>	<b>904</b>	<b>732</b>	<b>4.592</b>	<b>3.793</b>	<b>31.019</b>	<b>19.687</b>	<b>28.967</b>
<b>Σύνολο</b>	<b>43.042</b>		<b>7.154</b>		<b>1.283</b>		<b>8.531</b>		<b>34.968</b>		<b>28.967</b>
	<b>Σύνολο για τα επιφανειακά νερά: 57.310</b>							<b>Σύνολο για τα υπόγεια: 51.446</b>			



## Κεφάλαιο Α-3: Αποτίμηση της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ στην Ελλάδα

### Α-3.1 Ιστορικό της διαχρονικής εξέλιξης των προσεγγίσεων της διαχείρισης των Υδατικών Πόρων

Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1980, η έρευνα, αξιοποίηση, χρήση και προστασία των υδατικών πόρων ρυθμίζεται με σειρά από νόμους, διατάγματα και διοικητικές αποφάσεις, (ορισμένα από τα οποία χρονολογούνται από το 1930) που πολλές φορές επικαλύπτονται ή έρχονται σε αντίθεση μεταξύ τους. Οι νομοθετικές αυτές ρυθμίσεις υπερβαίνουν τις 300 και χαρακτηρίζονται μεταξύ άλλων από:

- την τάση προώθησης των θέσεων και αντιλήψεων επί μέρους φορέων,
- την αποσπασματική αντιμετώπιση των τομεακών προβλημάτων,
- την παραγνώριση νέων προβληματισμών,
- τη σχετική υποβάθμιση της ποιοτικής διάστασης της διαχείρισης,
- την αδυναμία δρομολόγησης συντονισμένων και συστηματικών προγραμμάτων απόκτησης και αξιολόγησης δεδομένων πεδίου,
- την αδυναμία συγκρότησης των αναγκαίων οργάνων παρακολούθησης και εξειδίκευσης της εφαρμογής τους,
- την απουσία σύνδεσης και εναρμόνισης με τις αναπτυξιακές επιδιώξεις παραγωγικών τομέων και περιοχών της χώρας,
- την απουσία μακροπρόθεσμης στρατηγικής,
- την ανεπάρκεια ικανοποίησης των υποχρεώσεων που απορρέουν από την εφαρμογή κοινοτικών οδηγιών.

Ως σοβαρότερο πρόβλημα ωστόσο, αναδεικνύεται η αδυναμία αποτελεσματικής εφαρμογής τους και συγκρότησης αποτελεσματικών μηχανισμών ελέγχου και επιβολής των προβλεπόμενων κυρώσεων.

Μετά τα μέσα της δεκαετίας του 1980, ψηφίστηκαν νομοθετήματα με περισσότερο σύγχρονο πνεύμα που λειτουργούν συμπληρωματικά, διακρίνονται για την διατομεακή τους αντίληψη και την ολοκληρωμένη αντιμετώπιση των υδατικών πόρων. Αν και οριοθέτησαν μια καθοριστική για τη νομοθετική πραγματικότητα των νερών χρονική περίοδο, δυστυχώς, αδυναμίες του δημόσιου τομέα (έλλειψη στήριξης, προσωπικού, πιστώσεων κλπ.) δεν επέτρεψαν την πλήρη εφαρμογή τους, με αποτέλεσμα τη συνέχιση της αποσπασματικής και ευκαιριακής αντιμετώπισης του νερού.

Παρόλα αυτά και η μερική ακόμα εφαρμογή τους, κυρίως του Ν. 1739/87, απέδωσε μεγάλο παιδευτικό όφελος, γιατί δημιούργησε τις δομές και τις εμπειρίες εκείνες, που είναι απαραίτητες για να συνειδητοποιήσουν οι χρήστες και όλοι οι εμπλεκόμενοι στο κύκλωμα του νερού την αναγκαιότητα ορθολογικής και προγραμματισμένης χρήσης του. Παράλληλα, αποκτήθηκε από τις υπηρεσίες του δημόσιου τομέα εμπειρία στην εφαρμογή και παγίωση τέτοιων ρυθμίσεων, καθώς και αντίληψη του είδους και του μέτρου των επεμβάσεων που απαιτούνται και για τη βελτίωσή τους. Τέλος, αποτέλεσε χρήσιμο υπόβαθρο για τα πρώτα στάδια υλοποίησης της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, καθώς και για την κατάρτιση του Ν. 3199/2003, που ψηφίστηκε κατ' εφαρμογή της.

Ειδικότερα με το Ν. 1739/87 προβλέπονται διάφορες ρυθμίσεις για τα όργανα και τις διαδικασίες που κρίθηκαν αναγκαίες για την αποτελεσματική διαχείριση των υδατικών πόρων της χώρας, οι οποίες καλύπτουν παράλληλα και απαιτήσεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ. Τέτοιες ρυθμίσεις είναι και οι ακόλουθες:

- Οι προβλεπόμενες από την Οδηγία περιοχές λεκάνης απορροής ποταμού – υδατικά διαμερίσματα έχουν ήδη οριστεί σε εφαρμογή του Ν. 1739/87 (14 Υδατικά Διαμερίσματα) και έχουν υποβληθεί στην ΕΕ σε εφαρμογή του Άρθρου 3 της Οδηγίας.
- Οι Περιφερειακές Υπηρεσίες Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, που λειτουργούν με χωρική αρμοδιότητα το επίπεδο Υδατικού Διαμερίσματος ή Διαμερισμάτων (Π.Δ. 60/98), μπορούν να αποτελέσουν την αρμόδια αρχή. Οι υπηρεσίες αυτές, σύμφωνα με το Ν. 2503/97, μπορούν να τροποποιηθούν, να διευρυνθούν και να περιλάβουν τυχόν πρόσθετες αρμοδιότητες, που απορρέουν από την εφαρμογή της Οδηγίας. Στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανταγωνιστικότητας του ΥΠΑΝ (Γ΄ ΚΠΣ) έχουν ενταχθεί δράσεις για την υποστήριξη των υποδομών των περιφερειακών υπηρεσιών διαχείρισης υδατικών πόρων, ώστε να ανταποκριθούν στις υποχρεώσεις που απορρέουν από το εθνικό αλλά και το κοινοτικό θεσμικό πλαίσιο στο πεδίο της πολιτικής υδάτων.
- Η κοστολόγηση του νερού για τις διάφορες χρήσεις, οι περιπτώσεις τιμολόγησής του, καθώς και ο φορέας καθορισμού της τιμής και είσπραξης, καθορίζονται σύμφωνα με το Ν. 1739/87 (άρθρο 10, παρ. 4), με αποφάσεις του Υπουργού Ανάπτυξης και του κατά περίπτωση συναρμόδιου Υπουργού, ύστερα από γνωμοδότηση της Διυπουργικής Επιτροπής Υδάτων (ΔΕΥΔ), με επισπεύδοντα φορέα το Υπουργείο Ανάπτυξης.
- Στα πλαίσια της Εθνικής Τράπεζας Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας, του δικτύου παρακολούθησης των υπόγειων νερών της χώρας, του ΕΔΠΠ και άλλων προγραμμάτων που έχουν δρομολογηθεί, δίνεται η δυνατότητα για λήψη και οργανωμένη καταχώρηση ποσοτικών και ορισμένων ποιοτικών πληροφοριών για τους υδατικούς πόρους της Χώρας. Ωστόσο, η αντιμετώπιση δεν γίνεται στο επίπεδο που προβλέπεται από την Οδηγία.
- Τέλος, ο Ν. 1739/87 έχει θεσμοθετήσει την εκπόνηση σχεδίων διαχείρισης και το Υπουργείο Ανάπτυξης έχει ήδη καταρτίσει δύο πιλοτικά σχέδια διαχείρισης των υδατικών πόρων σε επίπεδο λεκάνης απορροής και υδατικού διαμερίσματος, ενώ ολοκληρώνεται η σύνταξη παρόμοιων σχεδίων για όλα τα υδατικά διαμερίσματα της χώρας, στο πλαίσιο του Γ΄ ΚΠΣ. Επίσης, η Περιφερειακή Υπηρεσία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της Κρήτης ολοκλήρωσε το αντίστοιχο σχέδιο για το υδατικό αυτό διαμέρισμα. Παράλληλα, και άλλοι φορείς προχώρησαν στην κατάρτιση σχεδίων διαχείρισης.

Συμπερασματικά σημειώνεται ότι παρά τις προαναφερθείσες θεσμικές ρυθμίσεις και δράσεις, που έχουν εν μέρει αποσπασματικό χαρακτήρα υπάρχει σοβαρό έλλειμμα σε σχέση με το πνεύμα και τις απαιτήσεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, για το οποίο υπάρχει απόλυτη ανάγκη να καλυφθεί το συντομότερο δυνατό.

Η Οδηγία, 2000/60/ΕΚ που δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων στις 22.12.2000, αποσκοπεί στη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής επί των υδάτων. Η υλοποίηση των στόχων από όλα τα Κράτη Μέλη

προβλέπεται να γίνει με κοινά βήματα σε προκαθορισμένο χρονοδιάγραμμα από το 2002 έως το 2015. Βασικός στόχος της Οδηγίας είναι η αναβάθμιση και προστασία της ποιότητας των υδατικών πόρων και το πνεύμα της είναι σε μεγάλο βαθμό περιβαλλοντικό. Μεταξύ των βασικών και καινοτόμων αρχών της Οδηγίας είναι η συμμετοχή όλων των ενδιαφερόμενων, μέχρι και τον τελικό χρήστη-καταναλωτή, στη διαχείριση των υδατικών πόρων και η αποτελεσματική εφαρμογή οικονομικών εργαλείων.

Στη συνέχεια, γίνεται ανάλυση των δύο βασικών υφιστάμενων σήμερα νομοθετημάτων για τη διαχείριση του νερού, της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ και του Ν. 3199/2003, που εκδόθηκε για την εφαρμογή της.

### **A-3.2. Εναρμόνιση Εθνικής Νομοθεσίας με την Οδηγία**

Η εναρμόνιση του εθνικής νομοθεσίας με την Οδηγία (Ν.3199/2003), έγινε έγκαιρα υιοθετώντας τον υπάρχοντα διαχωρισμό της χώρας σε 14 Υδατικά Διαμερίσματα (ΥΔ) και ιδρύοντας 5 διοικητικές μονάδες (σχήματα A-3.1 και A-3.2):

- α) Εθνική Επιτροπή Υδάτων (ΕΕΥ): (5μελής), προτείνει την Υδατική Πολιτική και ελέγχει την εφαρμογή της,
- β) Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων (ΕΣΥ): (24μελής), συμβουλεύει για τα προγράμματα διαχείρισης/προστασίας υδατικών πόρων,
- γ) Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων (ΚΥΥ), συντονίζει τους δημόσιους φορείς που συμμετέχουν στη διαχείριση υδάτων και εποπτεύει τις διαδικασίες παρακολούθησης,
- δ) Διευθύνσεις Υδάτων Περιφέρειας (ΔΥΠ), υπεύθυνες να εφαρμόζουν τοπικά μέτρα και κανονισμούς,
- ε) Περιφερειακά Συμβούλια Υδάτων (ΠΣΥ), υπεύθυνα για διαβούλευση επί των ΣΔΛΑΠ που προτείνουν οι ΔΥΠ.

#### **A-3.2.1. Βασικές αρχές του Νόμου**

- Ολοκληρωμένη και βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων.
- Ανάκτηση του κόστους για τις παρεχόμενες υπηρεσίες υδάτων καθώς και του περιβαλλοντικού και κοινωνικού κόστους με βάση την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει», αφού συνεκτιμηθούν και τα κοινωνικά, περιβαλλοντικά και οικονομικά αποτελέσματα της ανάκτησης, καθώς και οι γεωγραφικές και κλιματολογικές συνθήκες της κάθε περιοχής.
- Συμμετοχή στη διαχείριση του νερού όλων των ενδιαφερόμενων μερών.
- Ένταξη, ενεργοποίηση και συμμετοχή στη λήψη των αποφάσεων όλων των φορέων της τοπικής κοινωνίας και των χρηστών του νερού.
- Οι αρμοδιότητες προστασίας και διαχείρισης κάθε λεκάνης απορροής ανήκουν στην Περιφέρεια, στα διοικητικά όρια της οποίας εκτείνεται.
- Στις περιπτώσεις που λεκάνη απορροής εκτείνεται στα διοικητικά όρια περισσότερων Περιφερειών, οι αρμοδιότητες ασκούνται από κοινού.

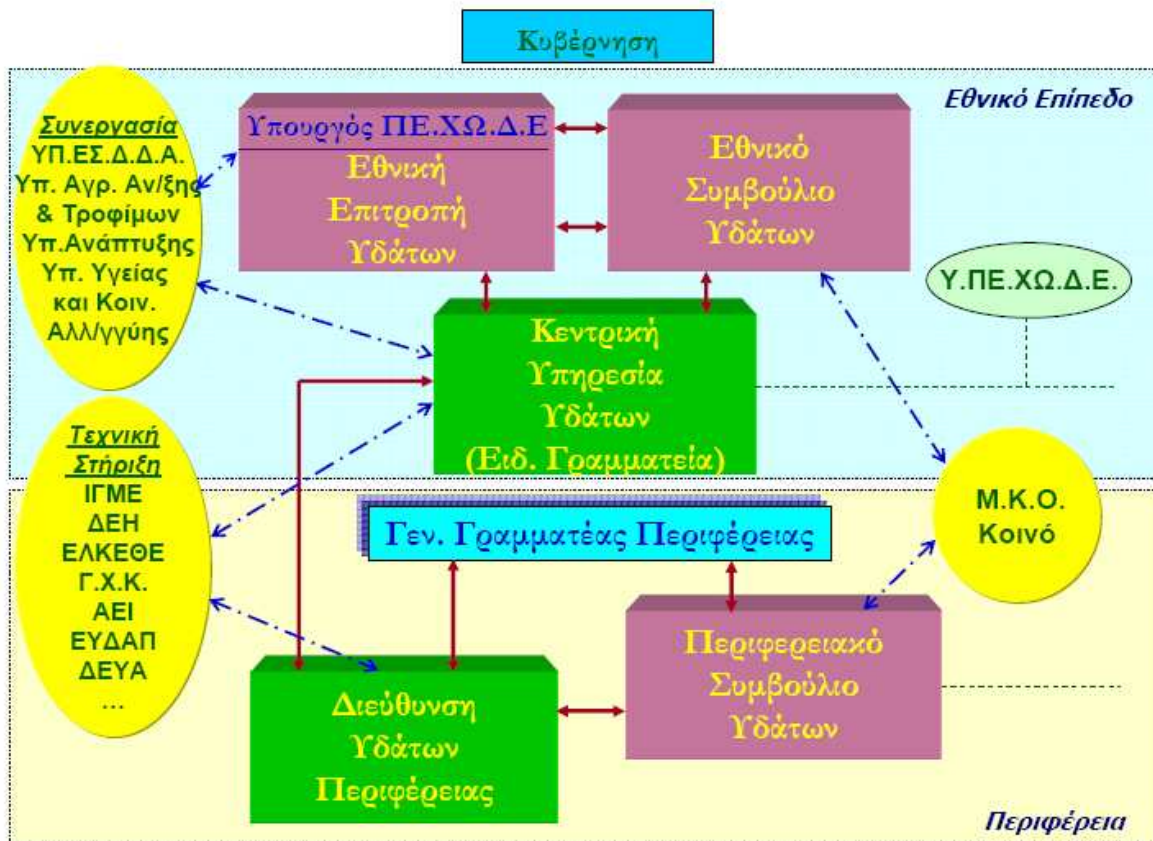
- Το Πρόγραμμα Μέτρων και το Πρόγραμμα Παρακολούθησης της κατάστασης των υδάτων αποτελούν υποχρεωτικά μέρη του Σχεδίου Διαχείρισης της οικείας Περιφέρειας.
- Κάθε Περιφέρεια καταρτίζει Πρόγραμμα Ειδικών Μέτρων κατά της ρύπανσης των υδάτων από μεμονωμένους ρύπους ή ομάδες ρύπων που αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για το υδάτινο περιβάλλον.
- Η σύνταξη Εθνικών Προγραμμάτων προστασίας και διαχείρισης του υδάτινου δυναμικού της χώρας αποτελεί αρμοδιότητα της Κεντρικής Υπηρεσίας Υδάτων. Η ίδια Υπηρεσία επεξεργάζεται και τους γενικούς κανόνες τιμολόγησης και κοστολόγησης των υδάτων και παρακολουθεί την τήρησή τους.
- Το Σχέδιο Διαχείρισης εκπονείται από κάθε Περιφέρεια για τις λεκάνες απορροής αρμοδιότητάς της και καταρτίζεται από την Περιφερειακή Διεύθυνση Υδάτων.
- Κάθε χρήση υδάτων πρέπει να αποβλέπει στη βιώσιμη και ισόρροπη ικανοποίηση των αναπτυξιακών αναγκών και να διασφαλίζει τη μακροπρόθεσμη προστασία των υδάτων, την επάρκεια των αποθεμάτων τους και τη διατήρηση της ποιότητάς τους.
- Η ικανοποίηση της ζήτησης του νερού γίνεται με βάση τα όρια και τις δυνατότητες των υδατικών αποθεμάτων.
- Για την παροχή νερού, τη χρήση νερού και την εκτέλεση έργου για την αξιοποίηση υδατικών πόρων, από κάθε φυσικό ή νομικό πρόσωπο του ιδιωτικού και του δημόσιου τομέα, απαιτείται άδεια, η οποία εκδίδεται από τον Γενικό Γραμματέα της οικείας Περιφέρειας.
- Σε φυσικά ή νομικά πρόσωπα που προκαλούν οποιαδήποτε ρύπανση ή άλλη υποβάθμιση των υδάτων ή παραβαίνουν τις διατάξεις του Νόμου επιβάλλεται πρόστιμο, το ύψος του οποίου εξαρτάται από την σοβαρότητα της παράβασης.
- Σε επιχειρήσεις ή δραστηριότητες που προκαλούν ρύπανση ή άλλη υποβάθμιση των υδάτων μπορεί να επιβληθεί προσωρινή ή ακόμη και οριστική διακοπή της λειτουργίας τους.
- Εκτός από τις διοικητικές, προβλέπονται και ποινικές κυρώσεις, σε περιπτώσεις ρύπανσης ή άλλης υποβάθμισης των υδάτων ή παραβίασεως των διατάξεων του Νόμου.

Η ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων με τρόπο που να διασφαλίζει αφενός με τις κεφαλαιώδους σημασίας οικολογικές τους λειτουργίες, και αφετέρου την αειφόρο παροχή των ποικίλων αγαθών και υπηρεσιών τους στον άνθρωπο, αφού ληφθούν υπόψη οι ανάγκες και το όφελος του κοινωνικού συνόλου.

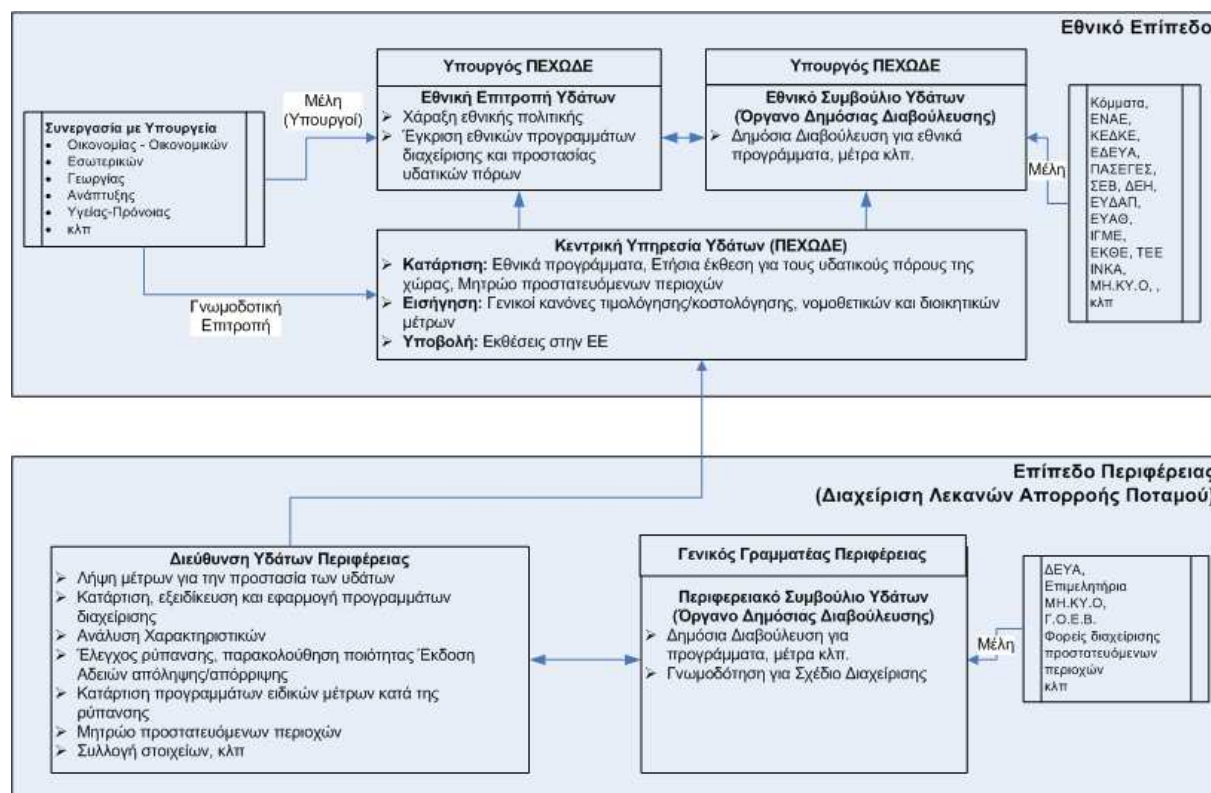
### **A-3.2.2. Προβλήματα του Νόμου**

Ωστόσο σε πολλά κρίσιμα θέματα η νομοθετική προσέγγιση είναι ιδιαίτερα άτολμη και συντηρητική, όπως για παράδειγμα όταν σε περιφερειακό επίπεδο οι δομές διαχείρισης προβλέπεται να είναι υπηρεσίες στο πλαίσιο των υπαρχουσών διοικητικών Περιφερειών της χώρας, αγνοώντας τα υδρολογικά χαρακτηριστικά αλλά και τις σύγχρονες επιστημονικές και

κοινωνικοπολιτικές προσεγγίσεις της ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδάτων και όντας σε σημαντική και κρίσιμη απόκλιση και από την ίδια την ουσία της οδηγίας στο σημείο αυτό. Επίσης η ΕΕ έλαβε νομικά μέτρα εναντίον της χώρας κρίνοντας τον νόμο ανεπαρκή αφού: α) δεν περιλαμβάνει σημαντικούς ορισμούς της Οδηγίας, β) δεν προβλέπει ολοκληρωμένη διαδικασία διαβούλευσης για τα ΣΔΔΑΠ, γ) δεν έχουν εκδοθεί αναγκαίες εκτελεστικές διατάξεις. Οι αρχές ολιστικής διαχείρισης δεν λαμβάνονται υπόψη. Οι καθυστερήσεις οφείλονται σε οργανωτικές/οικονομικές αδυναμίες της κεντρικής διοίκησης και προδικάζουν παραβιάσεις των χρονοδιαγραμμάτων της Οδηγίας.



Σχήμα Α-3.1. Διοικητική διάρθρωση



Σχήμα Α-3.2. Φορείς, όργανα και αρμοδιότητες στα πλαίσια του Νόμου 3199/2003

Εντός του 2007 δημοσιεύθηκε το ΠΔ 51/2007 (ΦΕΚ 54Α/8-3-2007) το οποίο συμπληρώνει τον Ν. 3199/2003. Αρχικά προσθέτοντας κάποιους ορισμούς. Επίσης ταυτίζονται οι ΛΑΠ με τα 14 ΥΔ και ορίζεται ως αρμόδια αρχή η κατά τόπους ΔΥΠ. Ορίζονται τα περιεχόμενα και οι ενημερώσεις των ΣΔΛΑΠ. Οι ΔΥΠ είναι αρμόδιες για την ανάλυση των χαρακτηριστικών των ΛΑΠ, την ανάλυση των επιπτώσεων και των πιέσεων και την οικονομική ανάλυση. Όλα αυτά έπρεπε σύμφωνα με το ΠΔ 51/2007 να πραγματοποιηθούν μέχρι τον Ιούλιο του 2007. Το ΠΔ ορίζει την αρμόδια αρχή και τις προθεσμίες για τη σύνταξη του προγράμματος μέτρων και το δίκτυο παρακολούθησης της κατάστασης των νερών σύμφωνα με τα Άρθ.8-9 του Ν.3199, αλλά δεν προβλέπει την προετοιμασία τους. Δεν βελτιώθηκε η δομή ελέγχου της ποιότητας νερού. Η διαχείριση της ζήτησης νερού δεν έχει αρχίσει. Δεν έγινε καμία αποτελεσματική εκστρατεία ενημέρωσης του κοινού και κυρίως των αγροτών (86% της χρήσης νερού) για την υποχρέωση υιοθέτησης πολιτικής τιμολόγησης με βάση την πλήρη ανάκτηση κόστους νερού. Η κεντρική διοίκηση αντιμετωπίζει οργανωτικά προβλήματα σε επίπεδο ΕΕΥ και ΚΥΥ. Υπάρχουν ελλείψεις σε βασικές υποδομές. Η χώρα είναι χωρισμένη σε 14 ΥΔ αλλά η διαχείρισή τους δόθηκε στις ΔΥΠ (που υπολειτουργούν) και με τις οποίες δε μοιράζονται τα ίδια εδαφικά όρια, δυσχεραίνοντας τη διαχείριση και λήψη αποφάσεων (Πίνακες Α-3.1 & Α-3.2). Πρέπει να εκδοθούν άμεσα τα ΠΔ και ΚΥΑ που ξεκαθαρίζουν λειτουργικές λεπτομέρειες, όπως: α) οργάνωση/στελέχωση ΚΥΥ και ΔΥΠ, β) το περιεχόμενο των μέτρων των προγραμμάτων παρακολούθησης για κάθε ΔΥΠ, λεπτομέρειες έκθεσης της ΚΥΥ, γ) ποινές στους ρυπαίνοντες (συγκεκριμένες) και μηχανισμοί ενδυνάμωσης, δ) ερευνητικό δίκτυο υποστήριξης της ΚΥΥ σε επιστημονική βάση. Οι ΔΥΠ αποκτούν πολλές αρμοδιότητες και είναι επείγουσα ανάγκη η επαρκής στελέχωσή τους από εξειδικευμένους επιστήμονες.

**Πίνακας Α-3.1.** Υδατικά Διαμερίσματα & Διοικ. Περιφέρειες

Όνομα ΥΔ	Km <sup>2</sup>	πληθυσμός	Εμπλεκόμενη Διοικητική Περιφέρεια
Δυτική Πελοπόννησος	7.301	331.180	Δυτική Ελλάδα/Πελοπόννησος
Βόρεια Πελοπόννησος	7.310	615.288	Δυτική Ελλάδα/Πελοπόννησος
Ανατ. Πελοπόννησος	8.477	288.285	Αττική/Πελοπόννησος
Δυτ. Στερεά Ελλάδα	10.199	312.516	Ήπειρος/Θεσσαλίας/ Νησιά Ιονίου/Δυτ. Ελλάδα/ Στερεά Ελλάδα
Ήπειρος	10.026	464.093	Δ.Μακεδονία/Ήπειρος/Νησιά Ιονίου/Δυτ. Ελλάδα
Αττική	3.207	3.737.959	Δυτική Ελλάδα/Αττική/Πελοπόννησος
Ανατ. Στερεά Ελλάδα	12.341	577.955	Δυτική Ελλάδα/Αττική/Θεσσαλία
Θεσσαλία	13.377	750.445	Κεν.-Δυτ. Μακεδονία/ Θεσσαλία/Στερεά Ελλάδα
Δυτική Μακεδονία	13.440	896.891	Κεντρική & Δυτική Μακεδονία
Κεντρική Μακεδονία	10.389	1.362.190	Κεντρική Μακεδονία/Στερεά Ελλάδα
Ανατ. Μακεδονία	7.280	412.732	Αν. Μακεδονία & Θράκη/ Κεντρική Μακεδονία
Θράκη	11.177	404.182	Αν. Μακεδονία & Θράκη
Κρήτη	8.335	601.131	Κρήτη
Νησιά Αιγαίου	9.103	508.807	Νησιά Αιγαίου

**Πίνακας Α-3.2.** Στελέχωση ΔΥΠ

Περιφέρεια	θέσεις	υπηρετούν	%
Αν. Μακεδονίας-Θράκης	23	7	30
Κεν. Μακεδονίας	23	21	91
Δυτ. Μακεδονίας	23	*	
Ηπείρου	23	1	4
Θεσσαλίας	23	7	30
Νησιών Ιονίου	23	3	13
Δυτικής Ελλάδας	23	6	26
Στερεάς Ελλάδας	23	*	
Αττικής	23	6	26
Πελοποννήσου	23	7	30
Βορείου Αιγαίου	23	3	13
Νοτίου Αιγαίου	23	*	
Κρήτη	23	5	22

\* μη διαθέσιμα στοιχεία

Η συμμετοχή της χώρας στην προσπάθεια μερικών ΚΜ για ‘μετάφραση’ της Οδηγίας απαιτεί εθνική στρατηγική για να προαχθούν τα εθνικά συμφέροντα και να εξασφαλιστεί ότι οι ειδικές εθνικές συνθήκες θα εξεταστούν σωστά. Μια Ρυθμιστική Αξιολόγηση Επιπτώσεων έπρεπε να είχε ήδη γίνει για να οριστεί η πιο οικονομικά αποτελεσματική δέσμη μέτρων. Η ανάλυση κόστους-οφέλους των επιπτώσεων εφαρμογής κανονισμών μπορεί να στηρίξει αποφάσεις. Η συμμετοχή του κοινού είναι ελάχιστη αφού δεν είναι ούτε πληροφορημένο ούτε ευαισθητοποιημένο σε θέματα περιβάλλοντος. Η ενημέρωση πρέπει να εστιαστεί στα οφέλη της περιβαλλοντικής προστασίας σεβόμενη τα χαρακτηριστικά της κοινωνίας.

Η χώρα χωρίζεται σε 14 ΥΔ, αριθμός μεγάλος για την έκτασή της, που οφείλεται στα ειδικά γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της και στις πολλές μικρές ΛΑΠ που δεν μπορούν να ενοποιηθούν. Πρέπει να εξεταστούν οι προτάσεις για χωρισμό της χώρας σε 7 ΥΔ (Hydromedon, 2006) (σχήμα Α-3.3, πίνακας Α-3.3). Οι διοικητικές ρυθμίσεις είναι προβληματικές. Οι υποχρεώσεις των αρμόδιων αρχών επικαλύπτονται. Ο μεγάλος αριθμός μελών στις διοικητικές μονάδες καθυστερεί τη λήψη αποφάσεων. Ένα πιο συγκεντρωτικό μοντέλο με ιεράρχηση στη λήψη αποφάσεων, όπως στην Αγγλία είναι πιο κατάλληλο. Εκεί η Υπηρεσία Περιβάλλοντος που είναι η μόνη αρμόδια αρχή διαχειρίζεται όλο το περιβάλλον και αυτό αποτελεί το στρατηγικό πλεονέκτημα.



Σχήμα Α-3.3. Χωρισμός της χώρας σε 7 Υδατικά Διαμερίσματα

Πίνακας Α-3.3. Οι προτεινόμενες 7 Υδρολογικές Περιφέρειες με τις Κεντρικές τους Διευθύνσεις

Προτεινόμενες Περιφέρειες Υδρολογικών Λεκανών (7)	Κεντρική Διεύθυνση	Διοικητική Περιφέρεια όπου ανήκει η Κεντρική Διεύθυνση
01 Πελοποννήσου (συμπ. Ζακύνθου & Κεφαλληνίας)	ΠΑΤΡΑ	(VII) Δυτικής Ελλάδας
02 Δυτικής Στερεάς & Ηπείρου, με τα νησιά Ιονίου (εκτός Ζακύνθου & Κεφαλληνίας)	ΙΩΑΝΝΙΝΑ	(IV) Ηπείρου
03 Θεσσαλίας	ΛΑΡΙΣΑ	(V) Θεσσαλίας
04 Ανατολικής Στερεάς & Αττικής, με τα νησιά Αιγαίου (εκτός Θάσου & Σαμοθράκης)	ΑΘΗΝΑ	(IX) Αττικής
05 Δυτικής & Κεντρικής Μακεδονίας	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	(II) Κεντρικής Μακεδονίας
06 Θράκης & Ανατολικής Μακεδονίας (συμπ. Θάσου & Σαμοθράκης)	ΚΟΜΟΤΗΝΗ	(I) Ανατολ. Μακεδονίας & Θράκης
07 Κρήτης	ΗΡΑΚΛΕΙΟ	(XIII) Κρήτης



Το επόμενο στάδιο εφαρμογής είναι ο χαρακτηρισμός των ΛΑΠ και η ανασκόπηση των πιέσεων/επιπτώσεων τους υδατικούς πόρους. Μελετώντας τα φυσικά χαρακτηριστικά της χώρας, η περιγραφή και ο χαρακτηρισμός των υδατικών πόρων κοστίζουν σε χρήμα και χρόνο. Ο συντονισμός των υπηρεσιών που συμμετέχουν είναι κρίσιμος για την επιτυχία ή αποτυχία της προσπάθειας και σαφείς κανονισμοί πρέπει να τεθούν για να εξασφαλιστεί η συνεργασία των κυβερνητικών υπηρεσιών με την ΚΥΥ, ειδικά για την παροχή στοιχείων και την επέκταση/ενημέρωση της εθνικής περιβαλλοντικής βάσης δεδομένων. Πρέπει να ληφθούν επείγοντα μέτρα κάλυψης των τεχνικών αδυναμιών των υποδομών. Αν και το ΠΔ 51/2007 ορίζει τις ΔΥΠ ως αρμόδια αρχή για την εκτίμηση των πιέσεων/επιπτώσεων, απαιτείται η διερεύνηση των δυνατοτήτων υιοθέτησης επιτυχημένων στρατηγικών που εφαρμόζεται σε άλλα ΚΜ, όπως η ύπαρξη μίας αρμόδιας αρχής, μηχανισμοί για συλλογή/αποτίμηση στοιχείων και προσδιορισμού/ χαρακτηρισμού υδατικών πόρων.

Η Οδηγία απαιτούσε οικονομική ανάλυση της χρήσης νερού έως το 2004. Επείγει λοιπόν να συγκεντρωθούν τα περιβαλλοντικά στοιχεία κόστους. Οι μόνες υπηρεσίες που πιθανώς έχουν τέτοια στοιχεία είναι η ΕΥΔΑΠ Α.Ε., η ΕΥΑΘ Α.Ε. και οι Δ.Ε.Υ.Α. (ή συγκεντρωτικά η Ε.Δ.Ε.Υ.Α.). Τα στοιχεία πρέπει να συγκεντρωθούν για να στηρίξουν μακροπρόθεσμες προβλέψεις ζήτησης νερού. Η ευθύνη συλλογής/ανάλυσης στοιχείων σχετικών με την περιοχή τους δίνεται στις ΔΥΠ. Η εφαρμογή της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει» και η ανάκτηση του κόστους υπηρεσιών νερού ίσως αντιμετωπίσει ισχυρή αντίσταση. Καθώς η τιμή του νερού είναι πολύ χαμηλή απαιτείται να πληροφορηθεί το κοινό για την υποχρέωση ορθολογικής υδατικής πολιτικής και την εφαρμογή διαφανών διαδικασιών που θα διασφαλίζουν ότι οι επιπρόσθετες χρεώσεις του νερού επενδύονται για την προστασία του περιβάλλοντος. Αν και η οργάνωση του Προγράμματος Μέτρων και των ΣΔΛΑΠ πρέπει να γίνει ως το 2009 και τα καθήκοντα σχεδιασμού, έγκρισης, εφαρμογής τους έχουν διαχωριστεί και ανατεθεί, δεν γίνεται καμία ενέργεια προς αυτή την κατεύθυνση. Πόσο μάλλον αφού οι ΔΥΠ έχουν την υποχρέωση να υποβάλλουν στην ΚΥΥ όλες τις εκθέσεις τους και αυτή με τη σειρά της να τις υποβάλλει στην Επιτροπή της ΕΕ, αφού προφανώς τις επεξεργαστεί. Μέχρι την τελική έγκριση από τον Γ.Γ. Περιφέρειας όμως εμπλέκονται όλες οι διοικητικές μονάδες, διαδικασία ευάλωτη σε καθυστερήσεις. Απαιτείται αναθεώρηση του ρόλου και της επιπλέον εξουσιοδότησης της ΚΥΥ όπως συμβαίνει σε πολλά ΚΜ.

Ωστόσο, η ως τώρα πορεία της χώρας κάνει εξαιρετικά αμφίβολη την επίτευξη των στόχων της Οδηγίας-πλαίσιο για το Νερό. Συγκεκριμένα η Ελλάδα:

- Δεν έχει ολοκληρώσει, ως όφειλε ως τις αρχές του 2005, την ανάλυση των χαρακτηριστικών και των επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων (πχ γεωργία, τουρισμός) στην κατάσταση των υδάτων και έχει εκδοθεί εις βάρος της καταδικαστική απόφαση από το Ευρωπαϊκό Δικαστήριο (31/1/2008).
- Δεν έχει ασχοληθεί καθόλου με την οικονομική διάσταση των διαφόρων χρήσεων του νερού ώστε να μπορεί να προγραμματίσει και να επιλέξει στην κάθε περίπτωση τη λύση με το μικρότερο κόστος και για την κοινωνία αλλά και για τους φυσικούς πόρους. Μόλις στις αρχές του 2007 δημοσίευσε την προκήρυξη σχετικά με την ανάπτυξη προγράμματος παρακολούθησης ώστε κάθε στιγμή να υπάρχει μια συνεκτική και συνολική εικόνα της κατάστασης, της ποιότητας και της ποσότητας των υδάτων σε όλες τις λεκάνες. Τα προγράμματα αυτά ωστόσο θα έπρεπε να έχουν τεθεί σε εφαρμογή ήδη από το 2006.

- Η Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων αλλά και οι Περιφερειακές Διευθύνσεις Υδάτων συνεχίζουν να υπολειτουργούν χωρίς το απαραίτητο προσωπικό, εξοπλισμό και υποδομές.
- Διάφορα θεσμοθετημένα όργανα που προβλέπονται από το νόμο 3199/2003 ακόμη και αν έχουν στα χαρτιά συσταθεί (όπως το Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων) δεν έχουν ακόμη συγκληθεί (Οκτώβριος 2007).
- Επικύρωσε, χωρίς να λαμβάνει υπόψη τις αρχές της Οδηγίας-πλαίσιο για το Νερό, τροπολογίες της νομοθεσίας και όλα τα απαραίτητα προκειμένου να προχωρήσει η εκτροπή του Αχελώου, ένα έργο για το οποίο το ΣτΕ έχει εκδώσει επανειλημμένα καταδικαστικές αποφάσεις.

## Κεφάλαιο Α-4: Μελλοντικές Ενέργειες της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ

### Α-4.1. Ανάλυση Κόστους/Οφέλους της Οδηγίας

Η ΕΕ εκπόνησε μία πρώτη ανάλυση κόστους οφέλους της Οδηγίας (De Nocker et al., 2007). Κάθε ΚΜ εκπόνησε έκθεση για τα κόστη και τα οφέλη από την εφαρμογή της Οδηγίας. Τα λίγα ΚΜ που έχουν παράδοση σε οικονομικές αναλύσεις στον τομέα του νερού μπόρεσαν να ολοκληρώσουν αυτές τις εκθέσεις δείχνοντας ότι απέχουν αρκετά από μία ολοκληρωμένη ανάλυση κόστους/οφέλους αλλά έχουν καταλήξει σε πρώτες εκτιμήσεις. Στα επόμενα χρόνια αυτά τα ΚΜ θα ολοκληρώσουν τις αναλύσεις τους ενώ τα υπόλοιπα είναι αμφίβολο αν θα μπορέσουν να εξάγουν κάτι χρήσιμο. Τα ΚΜ είναι υποχρεωμένα να έχουν έτοιμα τα πρώτα ΣΔΛΑΠ μέχρι το 2009, συμπεριλαμβανομένης της ανάλυσης αποτελεσματικότητας του κόστους των προτεινόμενων μέτρων επίτευξης των στόχων της Οδηγίας. Από την ανάλυση κόστους/οφέλους φάνηκαν οι δυσκολίες που λαμβάνουν χώρα και η έλλειψη οικονομικών εργαλείων και δεικτών των δεδομένων στον τομέα του νερού.

Η ανάλυση εστιάστηκε στον προσδιορισμό των παραγόντων που εφαρμόζονται για την εκτίμηση κόστους και οφέλους, όπως η ανάλυση GAP, τα Προγράμματα Μέτρων, η αποτελεσματικότητα και ο χρονισμός των μέτρων, το επίπεδο εισοδήματος, το χρονικό πλαίσιο και οι προβλέψεις των επιτοκίων προεξόφλησης. Οι παράγοντες που αφορούν μόνο στο κόστος είναι η αποδοτικότητα των εργαλείων διαχείρισης και της εφαρμογής, ενώ αυτοί που αφορούν μόνο στα οφέλη είναι το πλήθος ατόμων που επηρεάστηκαν και ο βαθμός επιθυμίας να πληρώσουν. Όλα δείχνουν ότι είναι νωρίς να υπάρχουν πλήρη δεδομένα για τα κόστη και τα οφέλη εφαρμογής της Οδηγίας, που από τα έως τώρα στοιχεία προκύπτει ότι περιλαμβάνει ουσιώδη κόστη. Υπάρχουν μεγάλες αβεβαιότητες στις εκτιμήσεις που εξαρτώνται από το επίπεδο βεβαιότητας ότι θα επιτευχθεί καλή οικολογική κατάσταση των υδάτων. Παρόλο που οι αβεβαιότητες είναι πολύ μεγάλες, οι διαθέσιμες πληροφορίες δείχνουν ότι τα κόστη από την εφαρμογή της Οδηγίας στην ΕΕ είναι απίθανο να είναι μεγαλύτερα από τα κόστη για τα τρέχοντα και τα μέτρα σε εξέλιξη. Οι πληροφορίες για τα οφέλη της Οδηγίας στην Ευρώπη είναι περιορισμένες. Τρία ΚΜ που έχουν μεγάλη και εκτεταμένη παράδοση στην εκτίμηση του οφέλους έχουν δημοσιεύσει τα πρώτα αποτελέσματα, σαν σημείο εκκίνησης για περαιτέρω έρευνα για τα οφέλη της Οδηγίας. Η ανασκόπηση των μελετών δείχνει ότι ακόμη και γι' αυτές τις χώρες παραμένει δύσκολο να εκτιμηθούν πλήρως τα οφέλη. Τα πρώτα ακατέργαστα και ελλιπή δεδομένα δείχνουν ότι τα οφέλη είναι ποικίλα και περιλαμβάνουν κόστη που μπορούν να αποφευχθούν (avoided costs) για την παροχή και διαχείριση νερού, οφέλη από τη σχετική με το νερό αναψυχή και την ανεπίσημη αναψυχή, οφέλη από την ευχάριστη διαβίωση για τους πληθυσμούς κοντά στα ποτάμια, οφέλη από το βελτιωμένο περιβάλλον για τα φυτά και ζώα, και την καλύτερη προστασία των υδάτων. Καμία από τις κατηγορίες αυτές δεν κυριαρχεί στα συνολικά οφέλη. Οι παράγοντες που καθορίζουν τα οφέλη περιλαμβάνουν τον ορισμό των επιπέδων του GAP, την έκταση που καταλαμβάνουν όλες οι σχετικές κατηγορίες οφέλους των υδατικών πόρων, το πόσα άτομα επηρεάζονται, την προθυμία τους να πληρώσουν και το πλαίσιο για μέτρα win-win για την παροχή και διαχείριση νερού. Δεν είναι δυνατόν σ' αυτό το στάδιο να προβλέψει κανείς το μέγεθος των οφελών, όμως διαθέσιμες εκτιμήσεις δείχνουν ότι τα οφέλη ανέρχονται σε 10-100 €/κατοικία/έτος, και βασίζονται σε παραδοχές που αντανακλούν την κατανόηση της εφαρμογής της Οδηγίας την δεδομένη στιγμή και σε παραδοχές χωρίς αρκετές

πληροφορίες για την κατάσταση των υδατικών πόρων ή τα standards που χρειάζονται για να επιτευχθεί καλή κατάσταση.

Η ανασκόπηση κόστους-οφέλους συγκεκριμένων μέτρων για τη βελτίωση μεθόδων άρδευσης και την διαχείρισή τους δείχνει ότι μία από τις κύριες επιπτώσεις της Οδηγίας στην ζήτηση του νερού για άρδευση θα γίνει μέσω της απαίτησης του Άρθρου 9 κατά την οποία οι παροχείς νερού πρέπει να ανακτήσουν τα κόστη των υπηρεσιών παροχής νερού συμπεριλαμβανομένων του περιβαλλοντικού κόστους και του κόστους του υδατικού πόρου. Αυτό θα επηρεάσει τους αγροτικούς τομείς με διαφορετικούς τρόπους, κάποιιοι τομείς γεωργίας κατέχουν μεγάλο μερίδιο ζήτησης νερού για άρδευση αλλά ταυτόχρονα η παραγωγικότητα του αρδευτικού νερού σε αυτούς τους τομείς είναι μεγάλη ακόμη και με την απουσία των πληρωμών βάσει της ΚΑΠ (Κοινής Αγροτικής Πολιτικής). Έτσι η ελαστικότητα της ζήτησης για την τιμή του νερού άρδευσης είναι σχετικά μικρή, που σημαίνει ότι αν οι τιμή του νερού άρδευσης αυξηθεί, η ζήτησή του δεν θα μειωθεί πολύ. Αν λοιπόν η Οδηγία θα έπρεπε να οδηγήσει σε υψηλότερα επίπεδα ανάκτησης του κόστους και υψηλότερες τιμές για το νερό άρδευσης, η ζήτησή του σε αυτούς τους τομείς δεν θα επηρεαστεί πολύ. Προκύπτει λοιπόν ότι ο στόχος ανάκτησης του κόστους του αρδευτικού νερού μπορεί να επιτευχθεί χωρίς σημαντικές βελτιώσεις στην ποσοτική κατάστασή του νερού. Σε αυτές τις περιοχές και γι' αυτούς τους τύπους καλλιεργειών, η τιμολόγηση του νερού μπορεί να είναι χρήσιμη σαν εργαλείο ενίσχυσης για την παροχή κινήτρων αλλά θα χρειαστεί να ενισχυθεί και με άλλα μέτρα και εργαλεία για να επιφέρει βελτιώσεις στην ποσοτική κατάσταση του νερού (επάρκεια). Σε άλλες περιπτώσεις η ανάκτηση του κόστους του νερού και οι βελτιώσεις στην ποσοτική κατάσταση του θα επιτευχθούν με το ρίσκο της ελάττωσης του ποσοστού κέρδους των χρηστών. Σαν συνολικό συμπέρασμα μπορεί να σημειωθεί ότι τα κόστη και τα οφέλη κατανομούνται άνισα μεταξύ των διαφόρων τομέων της αγροτικής οικονομίας (De Nocker et al., 2007).

#### **A-4.2. Ο χρόνος δράσης των ΚΜ μέχρι το 2009**

Τα κράτη μέλη θα πρέπει να ολοκληρώσουν τα πρώτα σχέδια διαχείρισης των λεκανών απορροής των ποταμών μέχρι τα τέλη του 2009 και να καταλήξουν σε αντίστοιχη πολιτική τιμολόγησης του ύδατος μέχρι το 2010

Η επιτροπή προτρέπει τα κράτη μέλη να εστιάσουν το ενδιαφέρον τους κυρίως στους εξής 3 τομείς :

α) Αντιμετώπιση των ήδη διαπιστωμένων αδυναμιών. Για την επίτευξη του παραπάνω στόχου, τα κράτη μέλη ενθαρρύνονται :

ο να εφαρμόσουν πλήρως την υπόλοιπη σχετική νομοθεσία της ΕΕ, ιδίως μάλιστα τη σχετική με τα αστικά λύματα και τη νιτρορρύπανση·

ο να θεσπίσουν τα οικονομικά μέσα που απαιτεί η οδηγία (τιμολόγηση, ανάκτηση του κόστους των υπηρεσιών ύδατος, του περιβαλλοντικού κόστους και του κόστους των πόρων καθώς και εφαρμογή της αρχής ο ρυπαίνων πληρώνει). Η πλήρης εκμετάλλευση των παραπάνω οικονομικών μέσων θα συμβάλλει στην πραγματικά αειφόρο διαχείριση του ύδατος·

ο να διαμορφώσουν σε εθνική κλίμακα γενικό σύστημα οικολογικής αξιολόγησης και ταξινόμησης που αποτελέσει το υπόβαθρο για την εφαρμογή της οδηγίας

και την επίτευξη του στόχου περί «καλής οικολογικής κατάστασης». Θα πρέπει να αντιμετωπιστούν το ταχύτερο δυνατό οι αδυναμίες που παρατηρούνται σήμερα όσον αφορά τις διαφορές των βαθμονομήσεων. Η εμπιστοσύνη στην Οδηγία και η αξιοπιστία της εξαρτώνται από την πλήρη, πειστική και αξιόπιστη οικολογική αξιολόγηση·

ο να βελτιώσουν τις μεθοδολογίες και τις προσεγγίσεις που αφορούν καθοριστικής σημασίας θέματα (όπως ο χαρακτηρισμός υδάτινων μαζών που έχουν υποστεί σοβαρές αλλαγές, κριτήρια για την αξιολόγηση των κινδύνων ή την αντιμετώπιση του θέματος της ποσοτικής κατάστασης των υπογείων υδάτων) και να βελτιώσουν τη συγκρισιμότητα μεταξύ των κρατών μελών, ιδίως σε επίπεδο διεθνών λεκανών απορροής ποταμών·

ο να περιορίσουν ουσιαστικά τα υφιστάμενα κενά και τις παρατηρούμενες αδυναμίες όσον αφορά τα δεδομένα στις αναλύσεις που διατυπώνονται δυνάμει του άρθρου 5 στο πλαίσιο της εκπόνησης των σχεδίων διαχείρισης των λεκανών απορροής των ποταμών.

β) Η ενσωμάτωση της αειφόρου διαχείρισης σε άλλους πολιτικούς τομείς. Για να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος τα κράτη μέλη ενθαρρύνονται:

ο να μεριμνούν ώστε τα έργα υποδομής και τα έργα για την αειφόρο ανάπτυξη του ανθρώπου, που ενδεχομένως εγκυμονούν κινδύνους υποβάθμισης του υδατικού περιβάλλοντος, να αποτελούν αντικείμενο της δέουσας αξιολόγησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Εν προκειμένω είναι καθοριστικής σημασίας να επιτευχθεί πλήρης μεταφορά στο εθνικό δίκτυο καθώς και η κατάλληλη, διαφανής και συντονισμένη εφαρμογή του άρθρου 4 παράγραφος 7·

ο να εξασφαλίζουν τη διάθεση της δέουσας χρηματοδότησης. Για την επίτευξη του παραπάνω στόχου είναι σημαντικό να επιτευχθεί η βέλτιστη δυνατή αξιοποίηση των δυνατοτήτων που προσφέρουν τα χρηματοδοτικά μέσα σε εθνικό επίπεδο και σε επίπεδο ΕΕ όπως η κοινή γεωργική πολιτική και η πολιτική συνοχής. Μέχρι τώρα, η απόδοση πόρων σε εθνικό επίπεδο από τα εν λόγω ταμεία για την επίτευξη βελτιώσεων στον τομέα του ύδατος δεν επαρκούν για την κάλυψη όλων των αναγκών που επισημάνθηκαν στα πορίσματα της περιβαλλοντικής ανάλυσης στο πλαίσιο της Οδηγίας.

γ) Η πλήρης αξιοποίηση της συμμετοχής του κοινού.

ο Η συμμετοχή του κοινού πρέπει να θεωρηθεί ευκαιρία. Οι εκτελούμενες εργασίες για την εθελούσια υποβολή εκθέσεων και το σύστημα πληροφοριών για το νερό στην Ευρώπη (WISE) θα συμβάλλει στην ενημέρωση του κοινού με διαφανή τρόπο

Από τις παραπάνω αξιολογήσεις και συστάσεις, καθίσταται σαφές ότι τα κράτη μέλη εξακολουθούν να είναι αντιμέτωπα με φιλόδοξα και απαιτητικά καθήκοντα για να επιτευχθεί η εφαρμογή της Οδηγίας. Η επιτροπή συνειδητοποιεί ότι καλείται να διαδραματίσει σοβαρό ρόλο. Ως προς αυτό, η επιτροπή προτίθεται να αναλάβει τις εξής δράσεις, οι οποίες ευθυγραμμίζονται με την Οδηγία και, σε ορισμένες περιπτώσεις έχουν στόχους μεγάλης εμβέλειας.

### **Δράση 1: Η ανανέωση της συνεργασίας με τα κράτη μέλη**

Η επιτροπή έχει δεσμευτεί να συνεχίσει την επιτυχή συνεργασία στο πλαίσιο της Κοινής Στρατηγικής για την εφαρμογή. Το εν λόγω πρόγραμμα από κοινού με τα κράτη μέλη και άλλες χώρες, και με τη συμμετοχή άμεσα ενδιαφερομένων και μη κυβερνητικών οργανώσεων, προάγει την αμοιβαία κατανόηση, τις βέλτιστες πρακτικές και την ανταλλαγή πληροφοριών για ορισμένα καθοριστικής σημασίας θέματα. Η επιτροπή είναι πεπεισμένη ότι

η συγκεκριμένη προσέγγιση έχει ήδη οδηγήσει σε καλύτερα αποτελέσματα από εκείνα που θα είχαν επιτευχθεί με μια τυπικότερη αντιμετώπιση των θεμάτων εφαρμογής. Ωστόσο, εάν καταστεί προφανές ότι είναι μεγάλες οι αντίστοιχες πιθανότητες αποτυχίας, η επιτροπή δεν θα διστάσει να χρησιμοποιήσει τις εξουσίες που της έχουν εκχωρηθεί βάσει της Συνθήκης.

Εν προκειμένω η υποστήριξη θα εστιαστεί στις ήδη διαπιστωμένες αδυναμίες και ιδίως στα οικονομικά μέσα. Η επιτροπή θα καταβάλλει ιδιαίτερες προσπάθειες για τη βελτίωση της αξιολόγησης της «οικολογικής κατάστασης». Το 2005, η επιτροπή δημοσίευσε το δίκτυο των τόπων αμοιβαίας βαθμονόμησης (διαβαθμονόμησης). Επί του παρόντος προετοιμάζει απόφαση σχετικά με τα πορίσματα για τη διαβαθμονόμηση, που προβλέπεται να εκδοθεί πριν το τέλος του 2007 και θα αποτελέσει το συγκριτικό δείκτη για το τι εννοούν τα επιμέρους κράτη μέλη ως «καλή οικολογική κατάσταση». Εν συνεχεία προτίθεται να συνεχίσει το έργο της για την διαμόρφωση συνολικού πλαισίου οικολογικής αξιολόγησης της υδατικής βιοποικιλότητας.

Επιπλέον, η επιτροπή θα συνεχίσει να συνδράμει τα κράτη μέλη της ΕΕ-12 σχετικά με την εφαρμογή της πολιτικής υδάτων της ΕΕ και να συμμετέχει στις διεθνείς συμβάσεις για τους ποταμούς.

### **Δράση 2: Εξασφάλιση της ενσωμάτωσης στις άλλες πολιτικές της ΕΕ**

Έχει ήδη επιτευχθεί σημαντική πρόοδος όσον αφορά την ένταξη της πολιτικής για τα ύδατα στις άλλες πολιτικές της ΕΕ, ιδίως μάλιστα στους τομείς της γεωργίας, της ενέργειας, των μεταφορών, της έρευνας, των εξωτερικών σχέσεων και της περιφερειακής ανάπτυξης. Οι κοινές και ανοικτές συζητήσεις μεταξύ των επιμέρους αρμοδίων αρχών σε επίπεδο ΕΕ και κρατών μελών με τη συμμετοχή των άμεσα ενδιαφερομένων και των αντίστοιχων ΜΚΟ κατέληξαν σε πολύτιμα πορίσματα και συμπεράσματα.

Η επιτροπή έχει δεσμευτεί ότι θα συνεχίσει να πρωταγωνιστεί στο συγκεκριμένο τομέα διερευνώντας περαιτέρω μεθόδους ενσωμάτωσης των μελημάτων για το νερό στις υπόλοιπες πολιτικές της ΕΕ και την αντίστοιχη νομοθεσία. Εν προκειμένω επιδιώκεται οι υπόλοιποι τομείς στους οποίους ασκούνται πολιτικές της ΕΕ να συμβάλλουν ακόμη αποτελεσματικότερα στην προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος και στην επίτευξη των στόχων της Οδηγίας, της οδηγίας για τη διαχείριση των κινδύνων πλημμυρών και της υπόλοιπης νομοθεσίας της κοινότητας για το νερό.

Όπως πρόσφατα διαπιστώθηκε από τους διευθυντές των οργανισμών ύδρευσης στην ΕΕ σε ότι αφορά τη γεωργία, δίνεται σήμερα η ευκαιρία με τις επικείμενες συζητήσεις για το μέλλον της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής να ολοκληρωθούν περαιτέρω η πολιτική του ύδατος και η γεωργική πολιτική. Όσον αφορά την πολιτική συνοχής, η επιτροπή θα εξακολουθήσει να καταβάλλει προσπάθειες ώστε να εξασφαλιστεί ότι η αρωγή που προσφέρουν τα ταμεία συνάδει προς την ασκούμενη πολιτική στον τομέα του ύδατος και να αποφεύγεται κάθε αντιπαραγωγική χρηματοδότηση. Οι πολιτικές για τις μεταφορές (ναυσιπλοΐα) και την ενέργεια (υδροηλεκτρική ενέργεια) θα εξακολουθήσουν να εφαρμόζονται κατά τρόπο που να μειώνονται οι αρνητικές επιπτώσεις στο υδατικό περιβάλλον. Επιπλέον η εφαρμογή του Εβδόμου Προγράμματος Πλαισίου για την έρευνα θα πρέπει να εξακολουθήσει να εστιάζεται στο νερό. Τέλος, η επικείμενη επανεξέταση της υπόλοιπης περιβαλλοντικής νομοθεσίας, όπως οι οδηγίες για την ολοκληρωμένη πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης και τα οικολογικά ενδαιτήματα, ενδέχεται να συμβάλλει περαιτέρω στην επίτευξη των στόχων της

Οδηγίας. Παράλληλα η επιτροπή θα εξακολουθήσει να υποστηρίζει τις προσπάθειες για τη βελτίωση της διαχείρισης του νερού και σε κράτη που δεν είναι μέλη της ΕΕ.

### **Δράση 3: Η προαγωγή της χρήσης των οικονομικών μέσων**

Η επιτροπή θα αποδώσει προτεραιότητα στη χρήση των οικονομικών μέσων στο πλαίσιο της εφαρμογής και θα μεριμνήσει ώστε να τονωθούν περαιτέρω οι ανταλλαγές πληροφοριών με τα κράτη μέλη και μεταξύ τους όσον αφορά τις βέλτιστες πρακτικές, συμπεριλαμβανομένης και της μεγαλύτερης χρήσης των ήδη υφιστάμενων εγγράφων καθοδήγησης. Επιπλέον η επιτροπή εξετάζει και την προώθηση της συγκριτικής αξιολόγησης των επιδόσεων μεταξύ των φορέων εκμετάλλευσης του ύδατος. Εργάζεται επίσης για μια διερευνητικού χαρακτήρα μελέτη των δαπανών και των ωφελειών από την εφαρμογή της Οδηγίας και θα προάγει την ανάπτυξη εναρμονισμένων μεθόδων και εργαλείων στην ΕΕ, για παράδειγμα με την αξιοποίηση των ερευνητικών έργων.

### **Δράση 4: Η αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος όσον αφορά τη διαχείριση του ύδατος**

Οι επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος, συμπεριλαμβανομένης της αύξησης των πλημμυρών και των ξηρασιών, θα μπορούσαν να αυξήσουν τους κινδύνους να μην επιτευχθούν οι στόχοι της Οδηγίας. Ο αυξανόμενος κίνδυνος εμφάνισης ακραίων φαινομένων εν μέρει αντιμετωπίζεται με την πρόταση της οδηγίας για τις πλημμύρες. Τα αποτελέσματα της διεξοδικής ανάλυσης της σπανιότητας του ύδατος και των ξηρασιών θα περιληφθούν σε ανακοίνωση που έχει προγραμματιστεί για τα μέσα του 2007.

Επιπλέον των πολιτικών μετριασμού και προσαρμογής που περιλαμβάνονται στο Ευρωπαϊκό πρόγραμμα για την αλλαγή του κλίματος και το ήδη προγραμματισμένο πράσινο βιβλίο για την προσαρμογή στην αλλαγή του κλίματος, η επιτροπή θα ενθαρρύνει την πλήρη αξιοποίηση των ήδη διαθέσιμων δυνατοτήτων για το συνυπολογισμό της αλλαγής του κλίματος στα σχέδια διαχείρισης των λεκανών απορροής των ποταμών και την περαιτέρω ενσωμάτωση των στρατηγικών αντιμετώπισης της αλλαγής του κλίματος, το μετριασμό των επιπτώσεων της και την προσαρμογή σε αυτήν στην εφαρμογή της πολιτικής της ΕΕ για το νερό.

### **Δράση 5: Η δημιουργία ενός φιλόδοξου Συστήματος Πληροφοριών για το νερό στην Ευρώπη (WISE)**

Η Επιτροπή και ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος έχουν δεσμευθεί να αναπτύξουν το WISE (σύστημα πληροφοριών για το νερό στην Ευρώπη) μέχρι το 2010. Το WISE θα λειτουργήσει ως επίκεντρο ευρύτερων προσπαθειών εκσυγχρονισμού και απλοποίησης της συλλογής και της διάδοσης των πληροφοριών για την Ευρωπαϊκή πολιτική σχετικά με τα ύδατα. Αποτελεί συστατικό στοιχείο γενικότερων πρωτοβουλιών όπως το Ενιαίο Σύστημα Πληροφοριών για το περιβάλλον (ΕΣΠΠ-SEIS) και η πρωτοβουλία INSPIRE.

**Πίνακας Α-4.1.** Συντομογραφίες ΚΜ

Σύμβολο ΚΜ	Όνομασία ΚΜ	ΕΕ - ΕΥ
BG	Βουλγαρία	Ευρωπαϊκή Ένωση των 15 ΚΜ (ΕΕ15-ΕΥ15) Ευρωπαϊκή Ένωση των 25 ΚΜ (ΕΕ25-ΕΥ25) Ευρωπαϊκή Ένωση των 27 ΚΜ (ΕΕ27-ΕΥ27)
RO	Ρουμανία	
LV	Λετονία	
MT	Μάλτα	
PL	Πολωνία	
EE	Εσθονία	
SK	Σλοβακία	
HU	Ουγγαρία	
LT	Λιθουανία	
SI	Σλοβενία	
CZ	Τσεχία	
CY	Κύπρος	
IT	Ιταλία	
EL	Ελλάδα	
ES	Ισπανία	
SE	Σουηδία	
FI	Φινλανδία	
UK	Ηνωμένο Βασίλειο	
DK	Δανία	
BE	Βέλγιο	
DE	Γερμανία	
NL	Ολλανδία	
FR	Γαλλία	
PT	Πορτογαλία	
AT	Αυστρία	
LU	Λουξεμβούργο	
IE	Ιρλανδία	



## Κεφάλαιο Α-5: Συμπεράσματα – Προτάσεις

Το νερό είναι ένα κοινωνικό αγαθό, αναντικατάστατο για την επιβίωση, την υγεία και την οικονομική ανάπτυξη με σημαντική πολιτιστική ή ακόμα και θρησκευτική αξία (Gleick, 2000). Η διαθεσιμότητά του βελτιώνει την ευημερία τόσο του ατόμου όσο και του κοινωνικού συνόλου. Καλή ποιότητα νερού για το μεμονωμένο άτομο σημαίνει ταυτόχρονα και καλύτερη ποιότητα νερού για ολόκληρο το κοινωνικό σύνολο. Με αυτή την έννοια το νερό δεν είναι μόνο κοινωνικό αλλά και ένα κοινό αγαθό και αποτελεί δικαίωμα όλων η πρόσβαση σε καθαρό νερό. Νερό και ζωή είναι αναπόσπαστα δεμένες έννοιες και χωρίς νερό δεν μπορεί να υπάρξει ζωή, τουλάχιστον όπως τη γνωρίζουμε. Η εκτεταμένη έλλειψη του νερού, η σταδιακή καταστροφή και υποβάθμισή του και η επιδείνωση των συνθηκών ρύπανσης των πηγών ύδρευσης και άρδευσης σε πολλές περιοχές της γης, αποτελούν σήμερα μια σοβαρή και υπαρκτή απειλή για την ανθρωπότητα.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, κατανοώντας τη σημασία της προστασίας και διατήρησης του υδάτινου περιβάλλοντος στην Κοινότητα, προχώρησε με την εκπόνηση μιας νέας Οδηγίας Πλαισίου που θα θεσπίζει τις βασικές αρχές μιας βιώσιμης πολιτικής των υδάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η νέα Οδηγία Πλαίσιο, μετά από μια μακρόχρονη περίοδο συζητήσεων και διαπραγματεύσεων μεταξύ των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τέθηκε σε ισχύ στις 22 Δεκεμβρίου 2000 και είναι η Οδηγία 2000/60/ΕΚ.

Η Οδηγία έθεσε ένα χρονοδιάγραμμα με βάση το οποίο κάθε ΚΜ εκπληρώνει μία σειρά υποχρεώσεων. Μέχρι σήμερα έχει περάσει περισσότερος από το μισό χρόνο μέχρι την τελική εφαρμογή της Οδηγίας για «καλή οικολογική κατάσταση των υδάτων» μέχρι το 2015. Το πρώτο στάδιο εφαρμογής της Οδηγίας είχε θετικά και αρνητικά αποτελέσματα. Στα θετικά: α) τα πιο πολλά ΚΜ υπέβαλλαν τις εκθέσεις τους έγκαιρα, θεωρώντας πιθανή την έγκαιρη εφαρμογή της, β) υπήρξε ώθηση στη διαχείριση των νερών και πρόοδος σε πολλά θέματα (διοικητική ανασυγκρότηση, συλλογή στοιχείων, ενημέρωση κοινού), γ) οι αναφορές του Άρθ.5 είναι μία καλή βάση για την προετοιμασία των ΣΔΛΑΠ, δ) οι διεθνείς συνεργασίες τόσο μεταξύ ΚΜ όσο και με μη-ΚΜ είναι ενθαρρυντικές αλλά όχι επαρκείς. Στα αρνητικά: α) η νομοθετική εναρμόνιση της Οδηγίας είναι ελλιπής, β) οι αναφορές του Άρθ.5 δεν παρείχαν την ίδια λεπτομέρεια κυρίως στον προσδιορισμό των επισφαλών υδατικών πόρων, στοιχείο κρίσιμο στην ανάπτυξη ΣΔΛΑΠ καθώς αυτοί θα υποβληθούν στο πρόγραμμα μέτρων ή στην εφαρμογή εξαιρέσεων από τους στόχους. Ελλιπή στοιχεία οδήγησαν τα ΚΜ να μην παρουσιάσουν τελική εκτίμηση κινδύνου για πολλούς υδατικούς πόρους (πολλοί θεωρήθηκαν επισφαλείς), γ) τα ΚΜ που είχαν συστηματικά προβλήματα στην εφαρμογή της Οδηγίας και μεγάλες καθυστερήσεις, πρέπει να αλλάξουν στάση για να καλύψουν το χαμένο χρόνο. Νέα δίκτυα παρακολούθησης μπορούν να καλύψουν τα κενά στα δεδομένα. Η ενεργή συμμετοχή του κοινού μπορεί να ενισχύσει τις εκτιμήσεις.

Στο πλαίσιο εφαρμογής της Οδηγίας 2000/60 στην Ελλάδα, σε ότι αφορά στην διαχείριση των υδάτων κυριαρχεί μία νέα πραγματικότητα, από την αναποτελεσματική και περιβαλλοντικά άστοχη λογική του σχεδιασμού της χρήσης των υδάτινων πόρων με στόχο την κάλυψη της ζήτησης στη λογική της ολοκληρωμένης διαχείρισης λαμβάνοντας υπόψη τις οικολογικές διαδικασίες, τη δημόσια υγεία και τις αναπτυξιακές ανάγκες και τάσεις. Η νέα αυτή κατάσταση συνεπάγεται αλλαγές για τις ευθύνες και τον τρόπο οργάνωσης, στελέχωσης

και λειτουργίας της διοίκησης, ενώ παράλληλα διαμορφώνονται νέα δεδομένα στην ερευνητική, τη μελετητική, τη συμβουλευτική και την τεχνική δραστηριότητα.

Οι πρώτες ενδείξεις ωστόσο είναι ότι η ουσιαστική εφαρμογή της Οδηγίας δεν θα είναι μια εύκολη υπόθεση. Ο νόμος πρέπει να αντιμετωπίσει τα κενά του και να γίνει εφαρμόσιμος. Πρέπει να υπάρχουν ικανές δομές διοίκησης και ολοκληρωμένα προγράμματα διαχείρισης. Απαιτείται η αποκέντρωση των αρμόδιων αρχών και η σωστή οργάνωση υπηρεσιών. Παράλληλα πρέπει να συμπληρωθεί / βελτιωθεί το θεσμικό πλαίσιο εφαρμογής της Οδηγίας, αντιμετωπίζοντας με σύγχρονο τρόπο τη μεγάλη αυτή διαχειριστική πρόκληση και μην προσπαθώντας να καλυφθούν σημερινές απαιτήσεις με παλιά εργαλεία. Χρειάζεται μια σοβαρή διοικητική αναδιοργάνωση έτσι ώστε να υπάρξουν και να λειτουργήσουν αποτελεσματικά μηχανισμοί ολοκληρωμένης διαχείρισης των λεκανών απορροής, αξιοποιώντας τη διεθνή εμπειρία. Χρειάζεται αποτελεσματικός συντονισμός για την ενδοπεριφερειακή διαχείριση των ΛΑΠ (ειδικά των διακρατικών). Οι ΔΥΠ πρέπει να στελεχωθούν επαρκώς. Η ετοιμασία των ΣΔΛΑΠ προσκρούει στην έλλειψη υδρολογικών στοιχείων και στοιχείων απορροής. Το δίκτυο ποιοτικής/ποσοτικής παρακολούθησης υδάτων περιλαμβάνει λίγους σταθμούς που δεν μπορούν να παρακολουθήσουν τις καθορισμένες ΛΑΠ. Μια επιτυχημένη πολιτική διαχείρισης των υδάτινων πόρων πρέπει να συνάδει με την γεωργική πολιτική.

Αν το πολύπλοκο του ζητήματος της κατανομής του νερού ανάμεσα σε πολλούς και διαφορετικούς χρήστες είναι ήδη γνωστό σε αρκετά από τα ΚΜ, η απουσία επιστημονικού γνωσιολογικού υποβάθρου που αυτή την στιγμή να μπορεί να στηρίζει την εφαρμογή των απαιτήσεων της Οδηγίας στη χωρική και χρονική κλίμακα που απαιτείται είναι ίσως το σημαντικότερο, σε επιστημονικό επίπεδο, τρέχον ζήτημα που προκύπτει. Πιο συγκεκριμένα, η διαδικασία καθορισμού των συνθηκών αναφοράς και η διευκρίνηση των ορίων των τάξεων ποιότητας για όλα τα υδάτινα σώματα που ενδιαφέρουν την Οδηγία θα απαιτήσει μια τεράστια ενεργοποίηση του επιστημονικού δυναμικού της Ευρωπαϊκής Ένωσης και σαφώς αντίστοιχο οικονομικό κόστος, ακόμα και για τις χώρες εκείνες που έχουν ήδη εμπειρία στο ζήτημα. Είναι λοιπόν αναγκαίο να υπάρξει μια σημαντική ενεργοποίηση του επιστημονικού δυναμικού της χώρας η οποία μπορεί να διασφαλισθεί μόνο μέσα από τον κατάλληλο σχεδιασμό από την πλευρά της δημόσιας διοίκησης με ταυτόχρονη αξιοποίηση κονδυλίων. Το κράτος πρέπει να εξετάσει σύσταση φορέα ακαδημαϊκών που θα λειτουργεί σαν ανεξάρτητο σώμα, θέτοντας πρότυπα ποιότητας ΣΔΛΑΠ και αξιολογώντας τα.

Τέλος (και υπό το πρίσμα της εφαρμογής της Οδηγίας) πρέπει να επανατεθεί το ζήτημα της διαχείρισης των υδάτων και από την άποψη του γενικότερου αναπτυξιακού σχεδιασμού στο πλαίσιο της ενσωμάτωσης της περιβαλλοντικής διάστασης και της βιώσιμης ανάπτυξης. Η πρόκληση για όλους τους εμπλεκόμενους (επιστήμονες και τεχνικοί, δημόσια διοίκηση και γενικότερα υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων, καταναλωτές νερού, Μη Κυβερνητικές Οργανώσεις κλπ) είναι μεγάλη και έχει άμεση συνάρτηση με την ποιότητα του περιβάλλοντος, τη δημόσια υγεία και την ανάπτυξη που είναι επιθυμητή.

Η ανάλυση κόστους/οφέλους ανέδειξε και πάλι τις διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των ΚΜ, αφού κάποια από αυτά μπόρεσαν να ολοκληρώσουν τις πρώτες εκτιμήσεις για τα κόστη και τα οφέλη από την εφαρμογή της Οδηγίας. Ο ακριβής προσδιορισμός τόσο του κόστους όσο και του οφέλους είναι παρόλα αυτά ένα έργο δύσκολο και μία «πρόκληση» που τα ΚΜ καλούνται να αντιμετωπίσουν. Η επιπλέον ανάπτυξη της ανάλυσης κόστους οφέλους της Οδηγίας απαιτεί περισσότερο λεπτομερή ανάλυση βήμα-βήμα η οποία δένει με την

ανάλυση της αποδοτικότητας του κόστους και τη σχεδίαση (planning) των ΛΑΠ. Η ανταλλαγή πληροφοριών και συνεργασιών για την ανάπτυξη των εργαλείων θα βοηθήσει να επιτευχθεί αυτός ο στόχος. Ένα σημαντικό βήμα είναι να χρησιμοποιηθούν ορθολογικά τα μαθήματα από τις πρώτες εμπειρίες. Ένας συγκεκριμένος στόχος θα ήταν να προσδιοριστούν τα μέτρα και οι καταστάσεις με καλές αναλογίες κόστους – οφέλους και να επισημανθούν τα μέτρα και οι καταστάσεις που χρειάζονται περαιτέρω μελέτη. Ένα σημαντικό θέμα είναι πώς να ενταχθούν οι προσπάθειες από διαφορετικά ΚΜ για να εκτιμηθούν τα κόστη και τα οφέλη για τις διεθνείς ΛΑΠ για να εξασφαλιστεί ότι οι συγκρίσεις είναι εφικτές

Εκτός όμως από την «καλή» κατάσταση των υδάτων που προστάζει η Οδηγία και η ποσότητα των υδάτων είναι εξίσου σημαντική. Η διαχείριση δικτύων ύδρευσης αστικών περιοχών αποτελεί σήμερα ένα από τα σημαντικότερα πεδία έρευνας στις αναπτυγμένες και στις αναπτυσσόμενες χώρες. Αν και η κατανάλωση νερού για ύδρευση στις χώρες αυτές δεν ξεπερνά το 10% της συνολικής κατανάλωσης νερού (άρδευση, βιομηχανία / βιοτεχνία, ύδρευση), το πρόβλημα της σωστής διαχείρισης του δικτύου και της μείωσης των απωλειών νερού, τα συνεπακόλουθα κόστη (υψηλό πάγιο κόστος έργων υδροληψίας, μεταφοράς, επεξεργασίας και διανομής νερού), και τη διαφαινόμενη κλιματική αλλαγή, αποτέλεσαν τους κύριους λόγους που πολλοί ερευνητές διεθνώς έχουν τις τελευταίες δεκαετίες εστιάσει τις έρευνές τους στην ορθολογική διαχείριση των δικτύων ύδρευσης και στη μείωση των απωλειών νερού. Μια διαχείριση με όρους τόσο κοινωνικής ισότητας όσο και οικονομικής εφικτότητας και ανταποδοτικότητας. Η διαχείριση των απωλειών νερού ισοδυναμεί με εξοικονόμηση νερού μέσω της αύξησης της αποδοτικότητας της χρήσης του και της έμμεσης διαχείρισης της ζήτησής του. Εκτός όμως από την περιβαλλοντική συνιστώσα της εξοικονόμησης νερού μέσω της διαχείρισης των δικτύων και των απωλειών, υπάρχει και σημαντικό οικονομικό όφελος μέσω της ενέργειας και των χημικών που χρησιμοποιούνται, αλλά και της χρονικής μετάθεσης σε πάγιες υποδομές κατά την αναζήτηση νέων υδατικών πόρων για την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών. (Κανακούδης, 2008).

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕΡΟΥΣ Α**

1. CEC, 2007a. “Towards sustainable water management in the EU – First stage in the implementation of the WFD2000/60/EC”, COM(2007) 128 final.
2. CEC, 2007b. “Towards sustainable water management in the EU – First stage in the implementation of the WFD2000/60/EC”, SEC(2007) 362
3. CEC, 2009. “Commission staff working document accompanying the report from the Commission to the European Parliament and the Council in accordance with article 18.3 of the WFD 2000/60/EC on programmes for monitoring on water status”, COM(2009) 156.
4. De Nocker, L., Broekx, S., Liekens, I., Gorlach, B., Jantzen, J., Campling, P., 2007. *Costs and Benefits associated with the implementation of the Water Framework Directive, with a special focus on agriculture: Final Report*. Study for DG Environment – Final Version (2007/IMS/N91B4/WFD, 2007/IMS/R/0261).
5. Gleick H., 2000. “The Changing Water Paradigm A Look at Twenty-first Century Water Resources Development” *Water International*, **25**(1) pp.127 – 138.
6. Hydromedon network, 2006. URL: [www.civ.uth.gr/hydromedon](http://www.civ.uth.gr/hydromedon)
7. Liemberger, R., Kingdom, W.D., Marin, P., 2007. “Performance based Non-Revenue WaterReduction Contracts”. *International Specialist Conference “Water Loss 2007” IWA*, VolumeIII, pp.655-664, Bucharest Romania.
8. [http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/info/intro\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/info/intro_en.htm) (Πρόσβαση 2009)
9. WISE, 2008. *Water Note 6: Monitoring programmes: taking the pulse of Europe’s waters*.
10. WISE, 2008. URL:[water.europa.eu](http://water.europa.eu)
11. Κανακούδης, Β., 2008. “Διαχείριση Δικτύων Ύδρευσης – Μέθοδοι, Τεχνολογίες, Εργαλεία”. *Απώλειες Νερού σε Δίκτυα Υδροδότησης – Προβλήματα και Προκλήσεις*. Έκδοση Ε.Δ.Ε.Υ.Α.
12. Κανακούδης, Β., Δαλέζιος Ν., Αγγελάκης Α., 2008. *Απώλειες Νερού σε Δίκτυα Υδροδότησης – Προβλήματα και Προκλήσεις*. Έκδοση Ε.Δ.Ε.Υ.Α.
13. Μιμίκου, Μ., 2008. “Οι ευθύνες και οι ελλείψεις”. *Υδρο-οικονομία*, **68**, 30-34

# **ΕΝΟΤΗΤΑ Β:** **«Μοντέλα Διαχείρισης** **Δικτύων και Αστοχιών»**



## Κεφάλαιο Β-1: Διαχείριση απωλειών νερού

### Β-1.1 Εισαγωγή

Παγκοσμίως η ζήτηση νερού αυξάνεται και οι πηγές μειώνονται. Η απώλεια νερού από το δίκτυο, είναι εδώ και καιρό χαρακτηριστικό γνώρισμα του επιχειρησιακού σχεδιασμού, ακόμα και στις χώρες με καλή υποδομή και καλές οργανωτικές πρακτικές. Δεν είναι όμως όλες οι απώλειες αποτέλεσμα της φτώχης υποδομής και των ελαττωματικών αγωγών. Οι εμφανείς απώλειες από το δίκτυο και η υπερβολική ή κακή χρήση νερού, είναι συχνά αποτέλεσμα των τοπικών διοικήσεων σε συνδυασμό με χαμηλού κόστους υποδομές ή ανεπαρκείς πολιτικές. Αυτές οι απώλειες και η υπερβολική χρήση νερού, μπορούν συχνά να μειωθούν με την εισαγωγή σχεδίων ζήτησης και προγράμματα συντήρησης νερού παράλληλα με τις πρωτοβουλίες για την αντιμετώπιση των διαρροών και τη βελτίωση των δικτύων των αγωγών. Μαζί αυτά τα προγράμματα διαμορφώνουν μια στρατηγική για την αποκατάσταση ενός τεράστιου πόρου που κινδυνεύει να χαθεί.

Το κλειδί για την ανάπτυξη τέτοιας στρατηγικής είναι να γίνουν κατανοητοί καλύτερα οι λόγοι των απωλειών και οι παράγοντες που τους επηρεάζουν. Οι τεχνικές και οι διαδικασίες μπορούν να αναπτυχθούν και να προσαρμοσθούν σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του δικτύου και τοπικούς παράγοντες επηρεασμού, για να αντιμετωπισθούν οι αιτίες κατά σειρά προτεραιότητας.

Ενώ δεν υπάρχει γρήγορη και εύκολη απάντηση για να μειωθούν οι απώλειες, πολλά μπορούν να γίνουν γνωστά από τις πρόσφατες εμπειρίες της βιομηχανίας ύδατος σε παγκόσμιο επίπεδο. Ωθούμενοι από τους ρυθμιστές για την ανάπτυξη διαδικασιών για την ανάλυση και τον έλεγχο των απωλειών, οι επαγγελματίες της βιομηχανίας τώρα έχουν σε ισχύ έναν αριθμό από τεχνικές για την κατανόηση, μέτρηση και έλεγχο των απωλειών μέσα στο δίκτυο διανομής.

Μία από τις διεθνείς προσπάθειες για έλεγχο του επιπέδου λειτουργίας του δικτύου ύδρευσης είναι το πρότυπο στο οποίο κατέληξαν δύο ομάδες εργασίας της IWA (International Water Association). Το πρότυπο αυτό αποτελεί μια διαγνωστική προσέγγιση, ακολουθούμενη από την εφαρμογή των λύσεων που είναι πρακτικές και επιτεύξιμες, μπορούν να εφαρμοσθούν σε κάθε εταιρία παροχής νερού, οπουδήποτε στο κόσμο, για την ανάπτυξη στρατηγικής για τις απώλειες του νερού.

### Β-1.2 Αξιολόγηση απωλειών

Οι απώλειες του νερού εμφανίζονται σε όλα τα συστήματα διανομής - μόνο ο όγκος των απωλειών διαφέρει. Αυτό εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του δικτύου των αγωγών και άλλους τοπικούς παράγοντες, η λειτουργική πρακτική της επιχείρησης ύδρευσης και το επίπεδο της τεχνολογίας και πείρας που εφαρμόζεται στον έλεγχό της. Ο όγκος που χάνεται διαφέρει πολύ από χώρα σε χώρα αλλά και μεταξύ περιοχών στην ίδια χώρα. Τα συστατικά των απωλειών του νερού και η σχετική τους σημασία, επίσης διαφέρει μεταξύ των χωρών. Ένας από τους ακρογωνιαίους λίθους της στρατηγικής των απωλειών του νερού είναι να γίνει κατανοητή η σχετική σημασία του κάθε ενός από τα συστατικά διασφαλίζοντας ότι το καθένα

έχει ελεγχθεί όσο πιο καλά γίνεται έτσι ώστε οι προτεραιότητες να μπορούν να τεθούν μέσω μιας σειράς προγραμμάτων δράσης.

Πριν αρκετά χρόνια η διαχείριση των απωλειών δεν ήταν τόσο σημαντική και δεν γινόταν με την εφαρμογή συγκεκριμένων στρατηγικών αλλά μάλλον με υποκειμενικές εκτιμήσεις. Τα πράγματα όμως άλλαξαν ειδικά μετά την πίεση που δέχθηκαν οι εταιρείες ύδρευσης στο Ηνωμένο Βασίλειο για την μείωση των διαρροών. Μέρος του προβλήματος ήταν οι διάφορες μορφές μέτρησης των διαρροών. Έτσι κατέστη αναγκαίο να υπάρχει ένα κοινό πρότυπο για τον υπολογισμό των απωλειών νερού στο δίκτυο.

Είναι σημαντικό να διαφοροποιηθούν οι απώλειες νερού και οι διαρροές. Η IWA έχει προσδιορίσει την απώλεια νερού ως (Farley and Trow, 2003):

Απώλειες νερού = 'πραγματικές' απώλειες + 'εμφανείς' απώλειες

Οι πραγματικές απώλειες περιλαμβάνουν διαρροές από σωλήνες, ενώσεις και συναρμολογήσεις, από τη διαρροή μέσω των τοιχωμάτων των δεξαμενών της εταιρείας μέχρι τις υπερχειλίσεις των δεξαμενών. Οι πραγματικές απώλειες μπορεί να μην είναι σοβαρές και να μην ανιχνευθούν για χρόνια. Ο όγκος των απωλειών θα εξαρτηθεί από τα χαρακτηριστικά του δικτύου των αγωγών, την ανίχνευση των διαρροών και την πολιτική συντήρησης που εφαρμόζεται από την εταιρεία και συγκεκριμένα από:

- την πίεση στο δίκτυο
- τη συχνότητα και τα χαρακτηριστικά ποσοστά ροής νέων διαρροών και θραύσεων
- τα ποσοστά νέων διαρροών που αναφέρονται
- το χρόνο «επίγνωσης» (πόσο γρήγορα παρατηρείται η απώλεια)
- το χρόνο εύρεσης της διαρροής
- το χρόνο επισκευής (πόσο γρήγορα επισκευάζεται)
- το επίπεδο των μη ανιχνεύσιμων μικρών διαρροών

Οι διαρροές είναι συχνά το κυριότερο συστατικό των απωλειών νερού στις αναπτυγμένες χώρες, αλλά αυτό δεν ισχύει στις αναπτυσσόμενες, όπου παράνομες συνδέσεις, λάθη μετρητών ή μετρήσεων είναι πιο σημαντικά.



## Κεφάλαιο Β-2: Το Διεθνές Πρότυπο Υδατικό Ισοζύγιο της IWA

### Β-2.1 Το Διεθνές Πρότυπο Υδατικό Ισοζύγιο της IWA

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

Εξαιτίας της ευρείας διαφορετικότητας των ορισμών και των τύπων που χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς του υδατικού ισοζυγίου διεθνώς, η ανάγκη για κοινή ορολογία είναι επιτακτική. Έτσι οι ομάδες εργασίας των απωλειών του νερού (Water Loss Task Force) και των δεικτών απόδοσης της IWA παρήγαγαν το διεθνές Υδατικό Ισοζύγιο «καλής πρακτικής» (Σχήμα Β-2.1) (Farley and Trow, 2003).

ΠΡΟΤΥΠΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ IWA					
Ετήσιο Εισερχόμενο Νερό στο Δίκτυο	Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση	Νερό που αποδίδει έσοδα	
			Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση		
	Απώλειες Νερού	Εμφανείς Απώλειες	Μη-Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	Μη-Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση	Μη Ανταποδοτικό Νερό
				μη-Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση	
		Μη-Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση			
		Λάθη Μετρητών / Μετρήσεων			
		Πραγματικές Απώλειες			

Σχήμα Β-2.1. Το Πρότυπο Υδατικό Ισοζύγιο της IWA «καλής πρακτικής»

Ορισμοί των βασικών συντελεστών του υδατικού ισοζυγίου δίνονται στις παραγράφους που ακολουθούν.

### Β-2.2 Νερό που αποδίδει έσοδα

Ο ετήσιος όγκος του εισερχόμενου νερού στο δίκτυο αποτελείται από δύο κύρια συστατικά: το νερό που αποδίδει έσοδα και το μη ανταποδοτικό νερό. Οι ορισμοί των συστατικών του νερού που αποδίδει έσοδα παρουσιάζονται παρακάτω:

- Εισερχόμενο νερό στο δίκτυο είναι ο εισερχόμενος ετήσιος όγκος στο σύστημα παροχής νερού είτε από ίδιους υδατικούς πόρους ή από εισαγόμενο νερό στο σύστημα.
- Εξουσιοδοτημένη κατανάλωση είναι ο ετήσιος όγκος μετρούμενου ή/και μη-μετρούμενου νερού που λαμβάνουν οι εξουσιοδοτημένοι πελάτες, ο παροχέας του νερού και άλλοι οι οποίοι είναι εξουσιοδοτημένοι να παίρνουν νερό. Συμπεριλαμβάνει το εξαγόμενο νερό και διαρροές και υπερχειλίσεις μετά το σημείο των μετρητών των καταναλωτών. Μπορεί να περιλαμβάνει νερό που χρησιμοποιείται στην πυρόσβεση και την εκπαίδευση,

πλύσιμο των αγωγών ύδρευσης και αποχέτευσης, πότισμα δημοτικών κήπων, σιντριβάνια, προστασία από πάγο, νερό για δημοτικά κτίρια κλπ. Η εξουσιοδοτημένη κατανάλωση μπορεί να είναι τιμολογούμενη ή μη-τιμολογούμενη, μετρούμενη ή μη-μετρούμενη.

- Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση είναι μέρος της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης που τιμολογείται και παράγει έσοδα.
- Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση είναι η μετρούμενη κατανάλωση που τιμολογείται. Περιλαμβάνει όλους τους καταναλωτές, οικιακούς, εμπορικούς, βιομηχανικούς και το νερό που μεταφέρεται εκτός των λειτουργικών συνόρων (νερό που εξάγεται) το οποίο μετρείται και τιμολογείται.
- Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση είναι όλη η τιμολογούμενη κατανάλωση η οποία υπολογίζεται με βάση εκτιμήσεις αλλά δεν μετρείται. Αυτή μπορεί να είναι ένα πολύ μικρό ποσοστό, για παράδειγμα εκτίμηση κατανάλωσης όταν κάποιος μετρητής είναι εκτός λειτουργίας. Σε συστήματα που δεν υπάρχει σύστημα μέτρησης της κατανάλωσης αυτό το ποσό είναι σημαντικό. Μπορεί επίσης να περιλαμβάνεται και το εξαγόμενο νερό που τιμολογείται αλλά δεν μετρείται.
- Νερό που αποδίδει έσοδα (ανταποδοτικό νερό). Αποτελείται από τα συστατικά της Εξουσιοδοτημένης Κατανάλωσης που τιμολογούνται και παράγουν έσοδα.

### B-2.3 Απώλειες νερού

- Απώλειες νερού είναι η διαφορά μεταξύ του εισερχόμενου όγκου του νερού στο σύστημα και της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης και αποτελείται από τις εμφανείς απώλειες και τις πραγματικές απώλειες.
- Οι Εμφανείς απώλειες αποτελούνται από την μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση (κλοπή ή παράνομη χρήση) και όλους τους τύπους ανακριβειών στις μετρήσεις. Ο υπολογισμός αυτών των όγκων βασίζονται σε δομημένες δοκιμές δειγματοληψίας ή εκτιμώνται μέσω μιας διαδικασίας της τοπικής εταιρείας ύδρευσης. Όταν αναφέρεται ως ποσοστό του εισερχόμενου όγκου νερού στο σύστημα, οι απώλειες μπορεί να κυμανθούν από 0-10% για συστήματα άμεσης πίεσης ή και ακόμα περισσότερο για συστήματα αποθήκευσης.
- Μη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση είναι οποιαδήποτε μη εξουσιοδοτημένη χρήση νερού. Μπορεί να περιλαμβάνει παράνομη αφαίρεση του νερού από κρουνοί, παράνομες συνδέσεις, παρακάμψεις στους μετρητές των καταναλωτών ή επεμβάσεις στους μετρητές. Η μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση συμβαίνει στα περισσότερα συστήματα διεθνώς, αλλά σε συστήματα με καλή οργάνωση δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 1% του εισερχόμενου όγκου του νερού στο σύστημα. Αυτό το συστατικό των εμφανών απωλειών σχετίζεται γενικά με την κακή χρήση των συνδέσεων των πυροσβεστικών κρουनों και τις παράνομες συνδέσεις.
- Λάθη μετρητών / μετρήσεων είναι οι εμφανείς απώλειες που προκαλούνται από σφάλματα και ανακρίβειες στους μετρητές των καταναλωτών και σφάλματα στην καταγραφή και επεξεργασία των μετρήσεων.

- Οι Πραγματικές Απώλειες είναι οι ετήσιοι όγκοι νερού που χάνονται μέσω όλων των τύπων των διαρροών, των θραύσεων και των υπερχειλίσεων στους κύριους αγωγούς, τις δεξαμενές και τις συνδέσεις των καταναλωτών μέχρι το σημείο των μετρητών των καταναλωτών. Στις περιπτώσεις που δεν υπάρχουν μετρητές στους καταναλωτές είναι το πρώτο σημείο χρήσης μέσα στην ιδιοκτησία. Παρότι το υδατικό ισοζύγιο πρέπει πάντα να υπολογίζεται, υπάρχουν μειονεκτήματα στο να βασίζεται κανείς μόνο στο ισοζύγιο νερού για την αξιολόγηση των πραγματικών απωλειών.

(α) Τα συσσωρευμένα λάθη από τα άλλα συστατικά θα συνδεθούν με την εκτίμηση των πραγματικών απωλειών.

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

(γ) Το υδατικό ισοζύγιο δεν δίνει καμία ένδειξη για τα μεμονωμένα συστατικά των πραγματικών απωλειών, ή πως επηρεάζονται από τις πολιτικές χρησιμότητας.

Γι' αυτούς τους λόγους, οι πραγματικές απώλειες πρέπει επίσης να αξιολογούνται με τις πρόσθετες μεθόδους:

A) ανάλυση συστατικών των πραγματικών απωλειών

B) ανάλυση της νυχτερινών ροών

- Διαρροές στους αγωγούς μεταφοράς και διανομής είναι το νερό που χάνεται από διαρροές και θραύσεις των αγωγών. Αυτές μπορεί να είναι μικρές διαρροές οι οποίες ακόμη δεν έχουν αναφερθεί ή μεγάλες θραύσεις αγωγών οι οποίες έχουν αναφερθεί και επισκευαστεί αλλά διέρρεαν για ένα διάστημα πριν την επισκευή τους.

- Διαρροές και Υπερχειλίσεις σε δεξαμενές αποθήκευσης της εταιρείας. Αφορούν το νερό που χάνεται από διαρροές των δεξαμενών αποθήκευσης ή υπερχειλίσεις οι οποίες για παράδειγμα συνέβησαν λόγω λειτουργικών ή τεχνικών προβλημάτων.

- Διαρροές στις συνδέσεις των καταναλωτών μέχρι το σημείο του μετρητή. Αφορά στο νερό που χάνεται από διαρροές στις συνδέσεις των καταναλωτών από το σημείο σύνδεσης μέχρι το σημείο της χρήσης από τον πελάτη. Στα μετρούμενα συστήματα αυτό είναι ο μετρητής του πελάτη, ενώ στα μη-μετρούμενα συστήματα αυτό είναι το πρώτο σημείο χρήσης μέσα στην ιδιοκτησία. Αυτές οι διαρροές μπορεί να αναφέρονται όταν είναι θραύσεις αλλά συνήθως είναι μικρές διαρροές οι οποίες δεν εμφανίζονται και διαρρέουν για μεγάλα διαστήματα (συχνά και χρόνια).

## **B-2.4 Μη-Ανταποδοτικό Νερό (νερό που δεν αποδίδει έσοδα - Non Revenue Water)**

Ο όγκος του νερού που δεν αποδίδει έσοδα υπολογίζεται με την αφαίρεση των όγκων των συστατικών της τιμολογούμενης εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης από τον εισερχόμενο

όγκο του νερού στο σύστημα. Η διαδικασία για τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου και την αξιολόγηση των συστατικών του νερού που δεν αποφέρει έσοδα, αποτελείται από την εκτίμηση της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης και των εμφανών απωλειών. Η αφαίρεση αυτών από τον όγκο του μη-ανταποδοτικού νερού δίνει τις πραγματικές απώλειες.

- Μη-ανταποδοτικό νερό (Non-Revenue Water – NRW) είναι η διαφορά μεταξύ του εισερχόμενου όγκου του νερού στο σύστημα και της τιμολογούμενης εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης. Αφορά τα συστατικά του υδατικού ισοζυγίου που δεν τιμολογούνται και δεν παράγουν έσοδα. Το NRW αποτελείται από:

- Μη-τιμολογούμενη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση
- Απώλειες νερού

- Μη-Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση είναι μέρος της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης που είναι νόμιμη αλλά δεν τιμολογείται και άρα δεν παράγει έσοδα. Η εξουσιοδοτημένη κατανάλωση περιλαμβάνει στοιχεία όπως πυρόσβεση, καθαρισμό των κεντρικών αγωγών και των υπονόμων, καθαρισμό των δεξαμενών αποθήκευσης του προμηθευτή, νερό που λαμβάνεται από τα στόμια υδροληψίας, καθαρισμός οδών, πότισμα των δημοτικών κήπων, δημόσιες πηγές, προστασία από παγετό, νερό οικοδόμησης κ.α. Αυτά μπορεί να είναι τιμολογημένα ή μη, μετρούμενα ή μη σύμφωνα με την πρακτική της εταιρείας ύδρευσης. Η μη-τιμολογούμενη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση πρέπει να αντιστοιχεί σε λιγότερο από 1% του υδατικού ισοζυγίου.

- Μη-Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση είναι η μετρούμενη κατανάλωση που για διάφορους λόγους δεν τιμολογείται. Μπορεί για παράδειγμα να περιλαμβάνει μετρούμενη κατανάλωση από την ίδια την εταιρεία ύδρευσης ή νερό που παρέχεται σε ιδρύματα δωρεάν συμπεριλαμβανομένου του εξαγόμενου νερού που μετρείται αλλά δεν τιμολογείται.

- Μη-Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση είναι οποιοδήποτε είδος εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης το οποίο ούτε τιμολογείται ούτε μετρείται. Αυτό το συστατικό του υδατικού ισοζυγίου περιλαμβάνει κατάσβεση πυρκαγιών, πλύσιμο αγωγών ύδρευσης και αποχέτευσης, καθαρισμό δρόμων, προστασία από πάγο κλπ. Σε μία εταιρεία ύδρευσης που λειτουργεί καλά αυτό το συστατικό είναι μικρό και συνήθως υπερεκτιμάται.

## Κεφάλαιο Β-3: Τροποποιήσεις του Διεθνούς Υδατικού Ισοζυγίου

### Β-3.1 Τροποποιημένο Υδατικό Ισοζύγιο από τους McKenzie et al. (2007)

Οι McKenzie et al. (2007) πρότειναν ένα τροποποιημένο Υδατικό Ισοζύγιο για να χρησιμοποιηθεί στην Νότια Αφρική και σε αναπτυσσόμενες χώρες. Ενώ το Υδατικό Ισοζύγιο της IWA είναι πλήρως ογκομετρικό αυτό το τροποποιημένο ισοζύγιο θέτει την έννοια του οικονομικού ισοζυγίου αφού κατανέμει το νερό που αποδίδει έσοδα σε αυτό που πληρώνεται και μη. Το συγκεκριμένο Υδατικό Ισοζύγιο δεν υιοθετήθηκε από την IWA αλλά αποτελεί μία πρόταση για τις αναπτυσσόμενες χώρες. Ο λόγος της πρότασης αυτού του τροποποιημένου Υδατικού Ισοζυγίου είναι να χωριστεί το νερό που αποδίδει έσοδα (Revenue Water) σε τρία συστατικά:

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

Στο Σχήμα Β-3.1 φαίνεται το τροποποιημένο Υδατικό Ισοζύγιο.

ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ (McKenzie)				
Ετήσιο Εισεργόμενο Νερό στο Δίκτυο	Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση	Μηδενικής χρέωσης (Free basic)
			Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση	Με Χρέωση Χρήσης (Recovered Revenue)
	Μη-Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	Μη-Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση	Τιμολογούμενο χωρίς είσπραξη (Non-Recovered)	
	Απώλειες Νερού	Εμφανείς Απώλειες	Μη-Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση	Μη Ανταποδοτικό Νερό
			Μη-Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	
		Λάθη Μετρητών / Μετρήσεων		
		Πραγματικές Απώλειες		

Σχήμα Β-3.1. Τροποποιημένο Υδατικό Ισοζύγιο (McKenzie et al., 2007)

### Β-3.2 Πρόταση Τροποποιημένου Υδατικού Ισοζυγίου

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

λιγότερα κυβικά μέτρα νερού από την ελάχιστη κατανάλωση τότε χρεώνεται με αυτή. Αν καταναλώσει περισσότερα κυβικά μέτρα νερού τότε χρεώνεται με την πραγματική του κατανάλωση.

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

Γι' αυτούς τους λόγους προτείνεται το τροποποιημένο Υδατικό Ισοζύγιο στο οποίο εισάγεται η πλήρης οικονομική διάσταση (Σχήμα Β-3.2). Η νέα πρόταση αφορά στην προσθήκη της Διαφοράς Παγίου (νερό που χρεώνεται μείον νερό που καταγράφεται από τους μετρητές) έτσι ώστε το μη ανταποδοτικό νερό να μειώνεται κατά την διαφορά του παγίου χωρίς όμως να περιορίζονται οι πραγματικές απώλειες.

Ετήσιο Εισερχόμενο Νερό στο Δίκτυο	Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση	Νερό που αποδίδει έσοδα
			Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση	
		Μη-Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	Μη-Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση	Μη Ανταποδοτικό Νερό (NRW)
		Μη-Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση		
	Απώλειες Νερού	Εμφανείς Απώλειες	Μη-Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	
			Λάθη Μετρητών / Μετρήσεων	
		Πραγματικές Απώλειες		Διαφορά παγίου

Σχήμα Β-3.2. Προτεινόμενο Τροποποιημένο Υδατικό Ισοζύγιο

## Κεφάλαιο Β-4: Δείκτες Απόδοσης του Προτύπου της IWA

Ο τελικός σκοπός οποιουδήποτε συστήματος δεικτών απόδοσης είναι να παρέχει πληροφορίες. Οι δείκτες απόδοσης μετρούν την αποδοτικότητα και την αποτελεσματικότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών και είναι αποτέλεσμα των συνδυασμού διαφόρων μεταβλητών. Από την IWA έχουν καταγραφεί 170 δείκτες απόδοσης (Alegre et al., 2006) από τους οποίους άλλοι είναι καλύτεροι από κάποιους άλλους και κάποιοι είναι ακατάλληλοι για κάποιους σκοπούς. Οι 170 δείκτες απόδοσης αναφέρονται στους υδατικούς πόρους, το προσωπικό, τη φυσική και λειτουργική ποιότητα του δικτύου και τα χρηματοοικονομικά (Πίνακας Β-4.1). Στο Παράρτημα Β παρουσιάζονται αναλυτικά και οι 170 δείκτες απόδοσης της IWA με τους τύπους υπολογισμού τους και οι μεταβλητές που απαιτούνται για τον υπολογισμό τους.

**Πίνακας Β-4.1.** Δείκτες Απόδοσης της IWA (Alegre et al., 2006)

Δείκτες	Αριθμός δεικτών	Δείκτες	Αριθμός δεικτών	Δείκτες	Αριθμός δεικτών
<b>Υδάτινοι πόροι</b>	<b>4</b>	<b>Λειτουργικοί</b>	<b>44</b>	<b>Χρηματοοικονομικοί</b>	<b>47</b>
<b>Προσωπικό</b>	<b>26</b>	Επιθεώρηση & συντήρηση	6	Έσοδα	3
Συνολικό προσωπικό	2	Διαβάθμιση οργάνων	5	Κόστος	3
Προσωπικό ανά λειτουργία	7	Επιθεώρηση εξοπλισμού μετάδοσης ηλεκτρικού σήματος	3	Σύνθεση τρεχούμενου κόστους ανά τύπο κόστους	5
Τεχνικό προσωπικό ανά δραστηριότητα	6	Διαθεσιμότητα αυτοκινήτων	1	Σύνθεση τρεχούμενου κόστους ανά κύρια λειτουργία	5
Προσόντα προσωπικού	3	Αποκατάσταση	7	Σύνθεση τρεχούμενου κόστους ανά τεχνική δραστηριότητα	6
Εξειδίκευση προσωπικού	3	Λειτουργικοί δείκτες απωλειών	7	Σύνθεση κόστους κεφαλαίου	2
Υγιεινή και ασφάλεια προσωπικού	4	Βλάβες	6	Επενδύσεις	3
Υπερωριακή εργασία	1	Μέτρηση νερού	4	Μέση χρέωση νερού	2
<b>Ποιότητα υπηρεσιών</b>	<b>34</b>	Παρακολούθηση ποιότητας	5	Αποδοτικότητα	9
Κάλυψη υπηρεσιών	5	<b>Φυσικοί</b>	<b>15</b>	Μόγλευση	2
Public taps and standpipes	4	Επεξεργασία νερού	3	Ρευστότητα	1
Πίεση και συνεχής παροχή	8	Αποθήκευση νερού	2	Κερδοφορία	4
Ποιότητα νερού	5	Άντληση	2	Οικονομικοί δείκτες απωλειών νερού	2
Τοποθέτηση & επισκευή οικιακών συνδέσεων & μετρητών	3	Διαθεσιμότητα βαλβίδων, κρουινών και μετρητών	6		
Παράπονα πελατών	9	Αυτοματισμός & έλεγχος	2		

Οι δείκτες απόδοσης αποτελούνται από γενικούς δείκτες που παρέχουν μία γενική εικόνα της αποδοτικότητας και της αποτελεσματικότητας μέχρι λεπτομερείς δείκτες οι οποίοι ασχολούνται με ειδικά στοιχεία της λειτουργικότητας της εταιρείας. Στην συνέχεια παρουσιάζονται κάποιοι από τους γενικούς δείκτες απόδοσης.

### **B-4.1 Μη-Ανταποδοτικό Νερό (νερό που δεν αποδίδει έσοδα – NRW)**

Ένα από τους καλύτερους δείκτες «καλής πρακτικής» του προτύπου της IWA είναι «ο όγκος του Μη-Ανταποδοτικού Νερού (NRW) σαν ποσοστό του εισερχόμενου νερού στο δίκτυο» (NRW % του όγκου) (Alegre et al., 2006). Τα διεθνή στοιχεία δείχνουν ότι το «NRW % του όγκου» ποικίλλει από 5-50% (Farley and Trow, 2003). Υπάρχουν πολλοί λόγοι για αυτό το μεγάλο εύρος, εκτός από απλά τη διοικητική αποδοτικότητα και την κατάσταση των υποδομών:

- Οι οικονομικές διοικητικές πολιτικές εξαρτώνται από το κόστος και τη διαθεσιμότητα του νερού.
- Η υψηλή κατανάλωση μειώνει το % NRW και η χαμηλή κατανάλωση αυξάνει το % NRW.
- Η διακοπτόμενη παροχή μειώνει το χρονικό διάστημα που το σύστημα είναι υπό πίεση και διαρρέει, αλλά δεν είναι καλή πρακτική δεδομένου ότι μειώνει τη διάρκεια ζωής των υποδομών.
- Οι εμφανείς απώλειες επηρεάζονται από τα είδη των μετρητών και από το αν παρέχεται νερό στους πελάτες με άμεση πίεση ή μέσω των δεξαμενών στις στέγες.
- Οι μέσες πιέσεις λειτουργίας ποικίλουν από λιγότερο από 20m μέχρι πάνω από 100m και οι μέσες πραγματικές απώλειες ποικίλουν περίπου γραμμικά με την πίεση για τα μεγάλα συστήματα με μικτά υλικά σωλήνων.
- Μερικά συστήματα περιλαμβάνουν πραγματικές απώλειες από αγωγούς μεταφοράς και δεξαμενές πελατών και άλλα όχι.
- Οι πραγματικές απώλειες μπορεί να περιλαμβάνουν διαρροές στους ιδιωτικούς αγωγούς των πελατών, ανάλογα με την ευθύνη ιδιοκτησίας και συντήρησης για τα διαφορετικά τμήματα της σύνδεσης, και τη τοποθεσία των μετρητών των πελατών.

Το «NRW % του όγκου» αντιπροσωπεύει τον όγκο του νερού % του εισερχόμενου όγκου του νερού στο σύστημα το οποίο δεν παράγει έσοδα. Όμως δεν λαμβάνει υπόψη τις διαφορετικές αξίες των συστατικών του NRW, ούτε το κόστος λειτουργίας του συστήματος (Liemberger et al., 2007a,b). Ένας καλύτερος δείκτης για το NRW είναι «% του κόστους», ο οποίος υπολογίζει το κόστος του καθενός από τα τρία κύρια συστατικά του NRW (Μη-τιμολογούμενη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση, εμφανείς απώλειες και πραγματικές απώλειες). Αυτό γίνεται συνεισφέροντας τις διαφορετικές χρηματικές αξίες ανά  $m^3$  του καθενός από τα τρία συστατικά του NRW και διαιρώντας με το λειτουργικό κόστος του συστήματος.

### **B-4.2 Εμφανείς απώλειες**

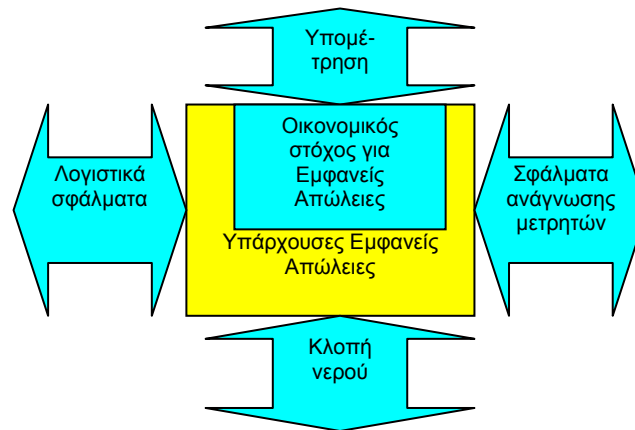
Η IWA προτείνει ότι ο δείκτης για τις εμφανείς απώλειες να μετριέται σε  $m^3$ /σύνδεση/έτος. Παρόλα αυτά σε συστήματα όπου όλοι οι πελάτες έχουν μετρητές και το ποσοστό της παράνομης χρήσης/κλοπής, είναι μικρό, είναι προτιμότερο να εκφράζονται οι



εμφανείς απώλειες σαν ποσοστό της εξουσιοδοτημένης μετρούμενης κατανάλωσης, αφού οι περισσότερες εμφανείς απώλειες θα οφείλονται στα λάθη των μετρητών / μετρήσεων.

Η Ομάδα εργασίας των Εμφανών Απωλειών συμφώνησε ότι ο % δείκτης απόδοσης είτε εκφράζεται ανά όγκο εισερχόμενου νερού ή ανά παρεχόμενο νερό δεν είναι καλός δείκτης γιατί περιέχει λίγες πραγματικές χρήσιμες πληροφορίες (Liemberger et al., 2007a,b). Ο κύριος λόγος είναι η πολυπλοκότητα των Εμφανών Απωλειών:

- Οι Εμφανείς Απώλειες αποτελούνται από τέσσερα συστατικά (Σχήμα Β-4.1)
- Συστήματα με δεξαμενές στις οροφές παρέχουν τελείως διαφορετικό σενάριο από τα συστήματα χωρίς δεξαμενές στις οροφές. Η υπο-μέτρηση στις περιπτώσεις των ιδιωτικών δεξαμενών στις οροφές είναι πολύ μεγαλύτερη (Lambert and Hirner, 2000).
- Ο όγκος των Εμφανών Απωλειών μπορεί πραγματικά να είναι αρνητικός εξαιτίας καταγραφής μεγαλύτερης κατανάλωσης στις περιπτώσεις μετρητών απλής ριπής (single-jet) και μετρητών πολλαπλής ριπής (multi-jet).

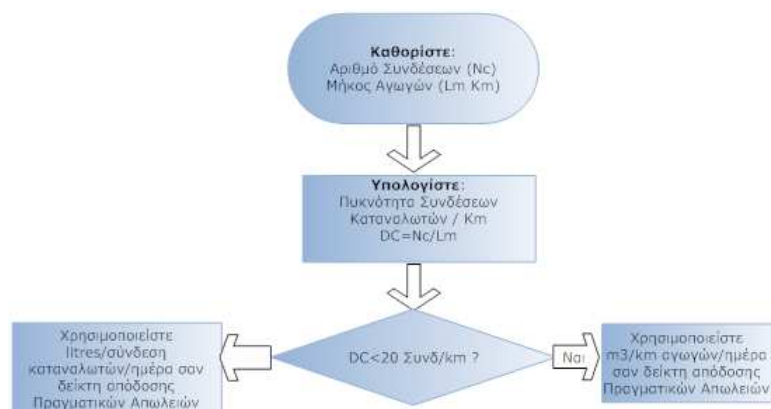


Σχήμα Β-4.1. Τα συστατικά των Εμφανών Απωλειών (Farley and Trow 2003)

### Β-4.3 Πραγματικές απώλειες

Το πρότυπο της IWA προτείνει ότι ο δείκτης απόδοσης των πραγματικών απωλειών «καλής πρακτικής» είναι «Πραγματικές απώλειες ανά μήκος αγωγών». Αυτός ο δείκτης για την λειτουργική διαχείριση των πραγματικών απωλειών αναγνωρίζει ότι:

- το ποσοστό επί του εισερχόμενου όγκου του νερού επηρεάζεται ισχυρά από την κατανάλωση και οι αλλαγές στην κατανάλωση το καθιστούν ακατάλληλο για αυτό το σκοπό
- «ανά τιμολογούμενο λογαριασμό» ή «ανά ιδιοκτησία» δεν πρέπει να χρησιμοποιείται, καθώς κάποιες συνδέσεις υδροδοτούν πολλαπλές τιμολογούμενες ιδιοκτησίες και υπάρχει μία σύνδεση με πιθανότητα να διαρρέει
- η επιλογή «ανά σύνδεση» ή «ανά km αγωγών» εξαρτάται από την πυκνότητα των συνδέσεων για το υπό εξέταση σύστημα.



**Σχήμα Β-4.2.** Διαδικασία επιλογής δείκτη απόδοσης για τη λειτουργική διαχείριση των Πραγματικών Απωλειών (Farley and Trow 2003)

Στο Σχήμα Β-4.2 φαίνεται η διαδικασία επιλογής με τη μορφή διαγράμματος απόφασης. Στα περισσότερα συστήματα με πυκνότητα συνδέσεων μεγαλύτερη από 20 συνδέσεις ανά km αγωγών, ο δείκτης «ανά σύνδεση» μπορεί να γίνει βασικός δείκτης για τις πραγματικές απώλειες. Στην περίπτωση συστημάτων με διακοπτόμενη παροχή, ο δείκτης εκφράζεται σε «lt/σύνδεση/ημέρα όταν το σύστημα είναι υπό πίεση».

#### **B-4.4 Αναπόφευκτες Ετήσιες Πραγματικές Απώλειες (UARL)**

Οι Πραγματικές απώλειες δεν μπορούν να ελαχιστοποιηθούν εντελώς. Ο χαμηλότερος τεχνικά επιτεύξιμος ετήσιος όγκος πραγματικών απωλειών για καλά διατηρημένα και οργανωμένα συστήματα είναι οι UARL, που απεικονίζονται στο Σχήμα Β-4.3 με το μικρό τετράγωνο. Στο Σχήμα Β-4.3 η περιοχή με το μεγάλο τετράγωνο αντιπροσωπεύει τις τρέχουσες ετήσιες πραγματικές απώλειες (CARL) σε  $m^3/χρόνο$ , για οποιοδήποτε σύστημα. Η διαφορά μεταξύ των UARL και των CARL είναι οι πιθανές ανακτήσιμες πραγματικές απώλειες (Σχήμα Β-4.3). Οι UARL είναι μία χρήσιμη έννοια καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προβλέψει, με εύλογη αξιοπιστία, τις χαμηλότερες τεχνικά επιτεύξιμες ετήσιες πραγματικές απώλειες για οποιοδήποτε συνδυασμό μήκους αγωγών, αριθμού συνδέσεων καταναλωτών, τοποθεσίας μετρητή καταναλωτών και μέσης πίεσης λειτουργίας – με την υπόθεση ότι το σύστημα είναι σε καλή κατάσταση με υψηλούς στόχους για τη διαχείριση των πραγματικών απωλειών (Farley and Trow, 2003).

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

Σε κεντρικούς αγωγούς	18 lt / km αγωγών / m πίεσης
Σε συνδέσεις καταναλωτών (μέχρι το όριο ιδιοκτησίας)	0,8 lt / σύνδεση / ημέρα / m πίεσης
Σε συνδέσεις καταναλωτών	25 lt / km / ημέρα / m πίεσης

(από το όριο ιδιοκτησίας μέχρι τον μετρητή του καταναλωτή)

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

$$\text{UARL} = (18 \times L_m + 0,80 \times N_c + 25 \times L_p) \times P \quad (4.1)$$

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

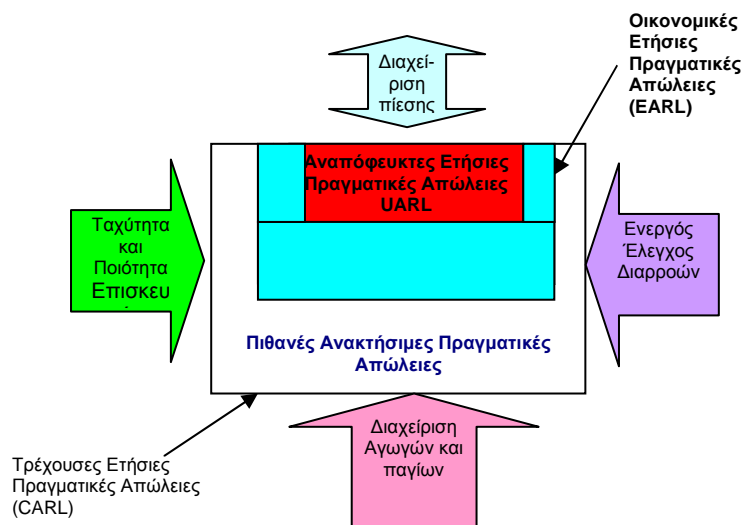
Οι UARL διαφέρουν ανάλογα με την συχνότητα των συνδέσεων (ανά km αγωγών), για συστήματα με μετρητές καταναλωτών τοποθετημένους κοντά στο όριο της ιδιοκτησίας. Αν οι UARL εκφράζονται σε  $\text{m}^3/\text{km}$  αγωγών /ημέρα /m πίεσης, η τιμή των UARL αυξάνεται απότομα καθώς αυξάνεται η πυκνότητα των συνδέσεων. Αυτό σημαίνει ότι όταν οι πραγματικές απώλειες εκφράζονται «ανά km αγωγών», είναι πιθανό να συγκριθεί η απόδοση για συστήματα με συγκεκριμένα στενά όρια πυκνότητας συνδέσεων (Farley and Trow, 2003). Για πυκνότητες συνδέσεων μεγαλύτερες από 20 ανά km αγωγών, οι UARL εκφράζονται σε lt/σύνδεση/ημέρα/m πίεσης και έχει βρεθεί ότι είναι σχεδόν σταθερές (Farley and Trow, 2003).

Καθώς το σύστημα μεγαλώνει, υπάρχει μία τάση για ένα φυσικό ποσοστό ανόδου των πραγματικών απωλειών μέσω νέων διαρροών και θραύσεων, μερικές από τις οποίες δε θα αναφερθούν ποτέ στη εταιρεία ύδρευσης. Αυτή η τάση ελέγχεται και διαχειρίζεται από ένα συνδυασμό των τεσσάρων στοιχείων της διαχείρισης των πραγματικών απωλειών, ονομαστικά (Σχήμα B-4.3) (Farley and Trow, 2003):

- διαχείριση αγωγών και συσκευών
- διαχείριση πίεσης ( που μπορεί να σημαίνει αύξηση ή μείωση)
- ταχύτητα και ποιότητα επισκευών
- ενεργός έλεγχος διαρροών, για τον εντοπισμό μη αναφερθέντων διαρροών

Η αύξηση του αριθμού των νέων διαρροών κάθε χρόνο, επηρεάζεται αρχικά από τη μακροχρόνια διαχείριση των αγωγών. Η διαχείριση πίεσης μπορεί να επηρεάσει τη συχνότητα των καινούριων διαρροών και τις ροές όλων των διαρροών και των θραύσεων. Η μέση διάρκεια των διαρροών ελαχιστοποιείται από την ταχύτητα και την ποιότητα των επισκευών και η στρατηγική ενεργού ελέγχου διαρροών ελέγχει για πόσο καιρό υπάρχουν μη αναφερθείσες διαρροές πριν τον εντοπισμό τους. Ο βαθμός στον οποίο καθεμιά από αυτές τις τέσσερις δραστηριότητες πραγματοποιείται θα καθορίσει εάν ο όγκος των ετήσιων πραγματικών απωλειών αυξάνεται, μειώνεται ή παραμένει σταθερός.

Στον πίνακα B-4.2 παρουσιάζονται τα σχόλια σχετικά με την καταλληλότητα των διαφόρων εκφράσεων των δεικτών απόδοσης.



Σχήμα Β-4.3. Οι τέσσερις βασικές μέθοδοι για την διαχείριση των πραγματικών απωλειών (Farley and Trow 2003)

Πίνακας Β-4.2. Σχόλια για την καταλληλότητα των διαφόρων εκφράσεων των δεικτών απόδοσης (Alegre et al. 2006, Liemberger et al., 2007a,b)

Δείκτης Απόδοσης	Ομάδα	Μέτρο	Συνθήκη	Σχόλιο
Μη Ανταποδοτικό Νερό (NRW)	Χρηματοοικονομικοί	Όγκος NRW σαν % του SIV % NRW του κόστους NRW σε l/σύνδεση/ημέρα NRW σε m <sup>3</sup> /km αγωγών/έτος		επηρεάζεται από μη σταθερές παραμέτρους περισσότερο κατάλληλος
Φανερές Απώλειες (ΦΑ)	Λειτουργικοί	Όγκος ΦΑ σαν % του SIV Όγκος ΦΑ σαν % του Τιμολογούμενου Νερού m <sup>3</sup> /σύνδεση/ημέρα litres/σύνδεση/ημέρα litres/μετρούμενη ιδιοκτησία/ημέρα % του παρεχόμενου νερού % της εξοσιοδοτημένης κατανάλωσης		φτωχός δείκτης φτωχός δείκτης περισσότερο κατάλληλος περισσότερο κατάλληλος περισσότερο κατάλληλος περισσότερο κατάλληλος
Πραγματικές Απώλειες (ΠΑ)	Λειτουργικοί	Όγκος ΠΑ σαν % του SIV ανά τιμολογούμενο λογαριασμό ή ανά ιδιοκτησία litres/σύνδεση/ημέρα m <sup>3</sup> /km αγωγών/ημέρα litres/σύνδεση/ημέρα υπό πίεση	συνδέσεις καταναλωτών > 20/km αγωγών συνδέσεις καταναλωτών < 20/km αγωγών διακοπτόμενη παροχή	επηρεάζεται από την κατανάλωση για πολλές ιδιοκτησίες περισσότερο κατάλληλος περισσότερο κατάλληλος διακοπτόμενη παροχή
Απώλειες Νερού UARL	Λειτουργικοί	m <sup>3</sup> /σύνδεση/έτος m <sup>3</sup> /km αγωγών/ημέρα/μ πίεσης litres/σύνδεση/ημέρα/μ πίεσης	συνδέσεις καταναλωτών > 20/km αγωγών	εξαρτάται από τις συνδέσεις των καταναλωτών περισσότερο κατάλληλος

### B-4.5 Infrastructure Leakage Index (ILI – Δείκτης Διαρροών Υποδομών)

Η αναλογία CARL προς UARL είναι ο δείκτης διαρροών υποδομών (ILI). Ο δείκτης ILI μετράει πόσο αποτελεσματικά οι ενέργειες των υποδομών του σχήματος Β-4.3, δηλαδή επισκευές, ενεργός έλεγχος διαρροών και διαχείριση αγωγών/παγίων οργανώνονται στην τρέχουσα πίεση λειτουργίας. Για κάθε μια από αυτές τις δραστηριότητες, υπάρχει ένα οικονομικό επίπεδο επένδυσης και δράσης, που χρειάζεται να υπολογιστεί, βασισμένο στην οριακή αξία (marginal value), στο τοπικό νόμισμα/m<sup>3</sup> και στις πραγματικές απώλειες. Ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες και την πρακτική, η οριακή αξία (marginal value) βασισμένη στις πραγματικές απώλειες μπορεί να είναι χαμηλή - ίσως μόνο το κόστος της ενέργειας και των χημικών ουσιών - ή υψηλή και αυτό επηρεάζει την πολιτική οικονομικής

διαχείρισης για τον έλεγχο των πραγματικών απωλειών. Τιμές του δείκτη διαρροών υποδομών κοντά στο 1,0 αντιπροσωπεύουν σχεδόν τέλεια τεχνική διαχείριση των πραγματικών απωλειών από τις υποδομές, στην τρέχουσα πίεση λειτουργίας.

Είναι προφανές το πλεονέκτημα του ILI όταν περιλαμβάνεται μία σχετικά αξιόπιστη εκτίμηση των UARL. Δεν επιτρέπει μόνο την εκτίμηση των τρεχουσών απωλειών αλλά και μία αρχική εκτίμηση της μέγιστης δυνατότητας για μείωση των πραγματικών απωλειών στην τρέχουσα πίεση. Η εξίσωση που υπολογίζει τις UARL έχει αποδειχθεί ότι είναι ακριβής έχοντας υπολογίσει κάποιες εκατοντάδες δεικτών ILI σε διάφορες χώρες (Farley and Trow 2003). Σε λίγες περιπτώσεις όπου δεν υπήρχαν μη δηλωμένες θραύσεις και διαρροές λόγω τοπικών παραγόντων υπολογίστηκαν μικρότερες πραγματικές απώλειες, αλλά για την πλειοψηφία των εταιρειών ύδρευσης παγκόσμια, οι UARL (που αντιστοιχούν σε ILI ίσο με 1,0) βρέθηκε να είναι «χρυσός κανόνας» για τη λειτουργική διαχείριση των πραγματικών απωλειών στις αναπτυγμένες χώρες. Τέτοιες τιμές του ILI συνήθως είναι απίθανοι στόχοι για κάποια συστήματα. Στον πίνακα Β-4.3 φαίνονται οι τιμές στόχοι του ILI για τις ανεπτυγμένες και τις αναπτυσσόμενες χώρες χωρίζοντας τα δίκτυά τους σε τέσσερις υποκατηγορίες (A, B, C, D) για κάθε κατηγορία χώρας.

**Πίνακας Β-4.3.** Οι τιμές στόχοι του ILI για τις ανεπτυγμένες και τις αναπτυσσόμενες χώρες (Liemberger et al., 2007a)

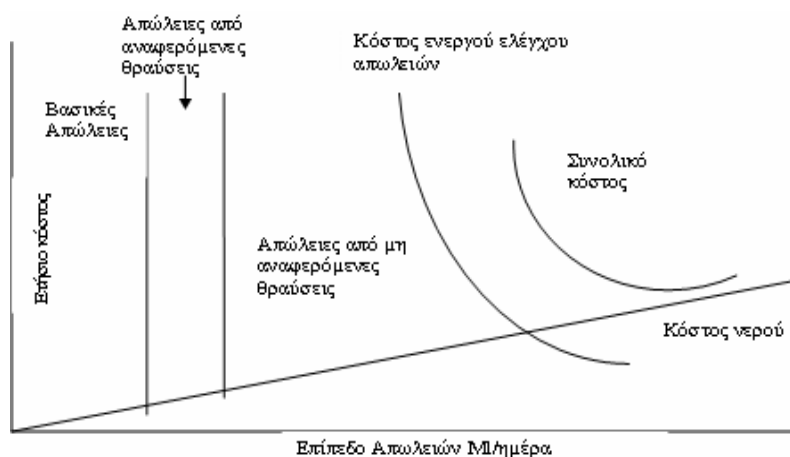
Κατηγορία Τεχνικής Απόδοσης		ILI	Litres / σύνδεση / ημέρα (όταν το σύστημα βρίσκεται υπό πίεση) σε μέση πίεση:				
			10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
Κατάσταση Ανεπτυγμένων Χωρών	A	1-2		<50	<75	<100	<125
	B	2-4		50-100	75-150	100-200	125-250
	C	4-8		100-200	150-300	200-400	250-500
	D	>8		>200	>300	>400	>500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

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

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

### B-4.6 Οικονομικό Επίπεδο Πραγματικών Απωλειών (ELL ή EARL)

Για κάθε σύστημα διανομής νερού υπάρχει ένα επίπεδο κάτω από το οποίο οποιαδήποτε επέμβαση ή επένδυση δεν είναι οικονομικά αποδοτική. Δηλαδή το νερό που εξοικονομείται κοστίζει λιγότερο από την επέμβαση ή την επένδυση (σχήμα B-4.3). Το Οικονομικό Επίπεδο των πραγματικών Απωλειών (Economic Level of Real Losses – ELL ή Economic Annual Real Losses - EARL) συμβαίνει όταν το άθροισμα της αξίας του νερού που χάνεται μέσω πραγματικών απωλειών και το κόστος των ενεργειών για την ελαχιστοποίηση των πραγματικών απωλειών φθάνουν στο ελάχιστο. Ο υπολογισμός του ELL είναι έντασης δεδομένων. Σε κάθε σύστημα παρουσιάζεται ένας αριθμός νέων διαρροών και θραύσεων κάθε χρόνο, αλλά η οικονομική διαχείριση του όγκου των πραγματικών απωλειών που αυξάνεται μπορεί να επιτευχθεί. Βραχυπρόθεσμα αυτό μπορεί να συμβεί αν γίνει διαχείριση της μέσης διάρκειας αυτών των βλαβών μέσω του ενεργού ελέγχου διαρροών (για να εντοπιστούν οι μη αναφερθείσες θραύσεις) και μέσω της ταχύτητας και της ποιότητας των επισκευών όλων των διαρροών και των θραύσεων. Μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα αυτό επιτυγχάνεται επηρεάζοντας τον αριθμό των διαρροών και των θραύσεων που συμβαίνουν κάθε χρόνο (μέσω βελτιωμένης διαχείρισης της πίεσης και διαχείρισης των αγωγών και των συσκευών του δικτύου). Στη συνέχεια επιβεβαιώνεται ότι κάθε μία από τις μεθόδους διαχείρισης των πραγματικών απωλειών είναι οικονομική. Τέλος θέτονται προτεραιότητες σε εκείνες τις ενέργειες με το υψηλότερο λόγο οφέλους κόστους. Τελικά το οικονομικό επίπεδο των απωλειών έχει επιτευχθεί. Ο ορισμός του ELL δόθηκε (WSA/WCA, 1994) σαν «το επίπεδο των διαρροών όπου το οριακό κόστος τους ενεργού ελέγχου των διαρροών ισούται με το οριακό κόστος του διαρρέοντος νερού». Στο σχήμα B-4.4 φαίνεται η σχέση μεταξύ δαπανών σε λειτουργίες διαχείρισης διαρροών και το μοναδιαίο κόστος παραγωγής νερού σαν συνάρτηση του επιπέδου των διαρροών. Είναι κρίσιμο να συλλεχθούν τα δεδομένα για να γίνει κατανοητή αυτή η σχέση σε κάθε ζώνη παροχής νερού.



**Σχήμα B-4.4.** Η σχέση μεταξύ λειτουργικού κόστους και επιπέδου απωλειών (Farley and Trow, 2003)

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

- Δεν υπάρχει μοναδικό ELL. Το ELL διαφέρει στον χρόνο αφού εξαρτάται από παράγοντες όπως εποχιακές αλλαγές στη συχνότητα των θραύσεων που συχνά οφείλονται σε καιρικές συνθήκες, και βελτιώσεις στην κατάσταση των αγωγών.
- Επενδύσεις στον έλεγχο της πίεσης, δημιουργία στεγανών υποζωνών και τηλεμετρία για να μειωθούν οι διαρροές θα αλλάξουν το ELL με βάση την προσπάθεια ενεργού ελέγχου των διαρροών.
- Η αξία του νερού αλλάζει με τον χρόνο. Έχει υψηλότερη αξία σε περιόδους έλλειψης π.χ. ξηρασίες και χαμηλότερη αξία σε περιόδους πλεονασμού. Η αξία αυξάνει όταν μειώνεται η διαθέσιμη ποσότητα και μειώνεται όταν προγραμματίζονται νέες μονάδες επεξεργασίας και χρησιμοποιούνται νέοι πόροι. Τα λειτουργικά κόστη μπορεί να αλλάζουν στο μέλλον εξαιτίας διαφορετικών επιπέδων ποιότητας ή μεταβολών στους κανονισμούς καθιστώντας τις τρέχουσες πρακτικές ξεπερασμένες.
- Νέες τεχνικές εντοπισμού διαρροών θα αλλάξουν την αποδοτικότητα των πρακτικών εντοπισμού οδηγώντας σε μεταβολή του πραγματικού ELL. Το ELL θα είναι διαφορετικό και θα εξαρτάται από την μέθοδο που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό των διαρροών π.χ. τακτικές επιθεωρήσεις ή συνεχής παρακολούθηση της νυκτερινής ροής στις στεγανές υποζώνες.
- Η εκτίμηση του ELL πρέπει να χρησιμοποιεί δεδομένα, πληροφορίες και πολιτικές της συγκεκριμένης περιοχής και της συγκεκριμένης εταιρείας παροχής νερού. Παρόλα αυτά μέχρι την ολοκλήρωση σημαντικής δουλειάς για την μείωση των διαρροών και τη συλλογή των απαραίτητων δεδομένων κόστους και οφελών δεν είναι δυνατό να γίνει μια ακριβής εκτίμηση και ίσως χρειάζεται χρόνια μέχρι να εκτιμηθεί με ακρίβεια.

Ο υπολογισμός του ELL γίνεται με διάφορους τρόπους. Οι παράμετροι που πρέπει να εκτιμηθούν για τον υπολογισμό του ELL για κάποια περιοχή παροχής νερού είναι (Farley and Trow, 2003):

- *Το κόστος του νερού.* Περιλαμβάνει τα λειτουργικά κόστη όπως η ηλεκτρική ενέργεια και τα χημικά που απαιτούνται για την επεξεργασία και τη διανομή του νερού στο δίκτυο και μακροπρόθεσμα κόστη επενδύσεων. Αν η μείωση των απωλειών θα καθυστερήσει την ανάγκη για μία νέα μονάδα επεξεργασίας ή μια νέα γεώτρηση τότε η αναστολή αυτής της επένδυσης σε κεφάλαιο έχει κάποια αξία. Ομοίως η σημαντική μείωση των διαρροών που θα επιτρέψει το κλείσιμο κάποιας μονάδας επεξεργασίας νερού ή κάποιας γεώτρησης ή θα αλλάξει τη λειτουργία του δικτύου θα έχει κάποια μετρήσιμη αξία.
- *Βραχυπρόθεσμα κόστη μείωσης των διαρροών.* Αυτά τα κόστη περιορίζονται συνήθως στο κόστος του ενεργού ελέγχου διαρροών. Περιλαμβάνουν τα κόστη του προσωπικού για τον εντοπισμό των διαρροών, των αυτοκινήτων τους, των καυσίμων και του εξοπλισμού.
- *Κόστη επισκευών.* Υπάρχει η άποψη της εξάλειψης του κόστους επισκευών από τον υπολογισμό του ELL γιατί εκτιμάται ότι ο αριθμός των θραύσεων που συμβαίνουν σε ένα έτος δεν αλλάζει. Η μεταβολή στην προσπάθεια ενεργού ελέγχου των διαρροών θα επηρεάσει μόνο τον χρόνο (μέσες τιμές) για τον οποίο οι θραύσεις και οι διαρροές υπάρχουν πριν εντοπιστούν αλλά δεν επηρεάζει τον αριθμό τους. Έτσι ο αριθμός των θραύσεων και των διαρροών που πρέπει να επισκευαστούν σε κάθε χρόνο δεν θα αλλάξει. Ενώ αυτό το επιχείρημα μπορεί να ισχύει για σταθερές καταστάσεις πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή όταν οι διαρροές μειώνονται από το

ένα επίπεδο στο άλλο. Θα υπάρχει η τάση να βρεθούν διαρροές οι οποίες διαφορετικά δεν θα μπορούσαν να βρεθούν. Έτσι θα απαιτηθεί περισσότερη προσπάθεια ενεργού ελέγχου διαρροών και ο αριθμός των επισκευών που θα γίνουν θα αυξηθεί. Επίσης κάποιες από τις διαρροές βάσης (background leakage) θα βρεθούν με την χρήση νέων τεχνολογιών στον ενεργό έλεγχο διαρροών.

- *Μακροπρόθεσμα κόστη.* Περιλαμβάνουν την καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης που προγραμματίζεται για τα μέτρα μείωσης των διαρροών όπως στεγανές υποζώνες, διαχείριση πίεσης και αντικατάσταση αγωγών για έναν χρονικό ορίζοντα πάνω από 20 – 30 χρόνια. Τέτοιες επιλογές επεμβάσεων έχουν ένα μη επαναλαμβανόμενο κόστος για τη μείωση των διαρροών σε χαμηλότερο επίπεδο.

#### **B-4.6.1. Ο δείκτης Economic Leakage Index (ELI)**

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



## Κεφάλαιο Β-5: Λογισμικά υπολογισμού Υδατικού Ισοζυγίου και Δεικτών Απόδοσης

### Β-5.1 LEAKS (Leakage Evaluation and Assessment Know-how Software) ομάδα λογισμικών

Η ομάδα λογισμικών LEAKS περιλαμβάνει διάφορα λογισμικά υπολογισμού του υδατικού ισοζυγίου και των δεικτών απόδοσης. Χρησιμοποιούνται επίσης για την ποσοτικοποίηση των διαρροών και των επιλογών διαχείρισης των διαρροών.

#### Β-5.1.1. Λογισμικό CheckCalcs

Είναι ένα εισαγωγικό λογισμικό που επιτρέπει εύκολα τον υπολογισμό των δεικτών απόδοσης των «καλύτερων πρακτικών» (NRW, Εμφανείς και Πραγματικές Απώλειες), εντοπίζει τις κατάλληλες δράσεις κατά προτεραιότητα χρησιμοποιώντας διεθνείς οδηγίες και υπολογίζει τα οφέλη από την διαχείριση των επιδράσεων εξαιτίας της υπερβολικής πίεσης. Είναι ένα λογισμικό που προσφέρεται δωρεάν και υπολογίζει το υδατικό ισοζύγιο και κάποιους δείκτες απόδοσης. Βασίζεται στην προσέγγιση των 4 συστατικών για την μείωση των πραγματικών απωλειών. Στο σχήμα Β-5.1 φαίνονται τα δεδομένα που χρειάζεται το λογισμικό με κίτρινο χρώμα.

'LEAKS' Suite of LEAKAGE EVALUATION and ASSESSMENT KNOW-HOW SOFTWARE						
CheckCalcs - a free software for identifying Leakage and Pressure Management Opportunities						
CheckCalcs	Developed	Version 2a	29th May 2007	Greece	GRE.001	© ILMSS Ltd
THIS WORKSHEET IS USED TO ENTER DATA NEEDED FOR PERFORMANCE AND PRESSURE MANAGEMENT OPPORTUNITIES CALCULATIONS						
Data entry	Essential data entry	Calculated Values	Default Values	From another Worksheet		
<b>STEP 1: Enter WATER UTILITY and SYSTEM NAME, and basic information on SYSTEM PRESSURE</b>						
Country	Greece	Utility	Aristotle University of Thessaloniki			
System	example	Is supply input mainly by Gravity (G) or Pumping (P)?		P		
Estimated average pressure in metres =		30,0	% of time system is pressurised =		100,0%	
<b>STEP 2: Enter basic information on INFRASTRUCTURE for this system</b>						
Length of Transmission and Distribution Mains (Lm)		313,0	km			
Number of service connections, main to property line (Nc)		14000				
Length of private pipes, from property line to customer meters (or from property line to first point of consumption for unmetered service connections)	Average	0,5	metres/Nc			
	Total	7,0	km			
Number of service connections per kilometre of mains		44,7	per km			
When you have completed this Worksheet, move on to the 'Water Balance' Worksheet >>>>						

Σχήμα Β-5.1. Τα 2 βήματα του λογισμικού CheckCalcs (www.leakssuite.com)

Στο σχήμα Β-5.2 φαίνονται τα αποτελέσματα που αφορούν στο υδατικό ισοζύγιο ενώ στο σχήμα Β-5.3 δείκτες απόδοσης. Στο σχήμα Β-5.4 παρουσιάζονται οι πιθανές ευκαιρίες και οι ενέργειες για την βελτίωση της απόδοσης της διαχείρισης πίεσης σύμφωνα με την Παγκόσμια Τράπεζα (πίνακας Β-4.3). Τέλος στο σχήμα Β-5.5 παρουσιάζονται οι πιθανές δυνατότητες διαχείρισης της πίεσης.

'LEAKS' Suite of LEAKAGE EVALUATION and ASSESSMENT KNOW-HOW SOFTWARE						
CheckCalcs - a free software for identifying Leakage and Pressure Management Opportunities						
CheckCalcs	Developed	Version 2a	29th May 2007	Greece	GRE.001	© ILMSS Ltd
THIS WORKSHEET IS USED TO CALCULATE NON-REVENUE WATER, CURRENT ANNUAL REAL LOSSES AND POTENTIALLY RECOVERABLE REAL LOSSES						
Colour coding:	Data entry	Essential data entry	Default Values	Calculated Values	Data from another Worksheet	
SIMPLIFIED IWA WATER BALANCE CALCULATIONS for			Aristotle University of Thessaloniki		example	
Period from	01/01/2006	to	01/01/2007	=	366	days
Enter data for your system in the yellow cells. Check the default %s in the purple cells, and change them if you have better information which will improve the reliability of the calculation.	VOLUME INPUT FROM YOUR OWN SOURCES				5000	m <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup> in period
	Water Imported to this system				2500	m <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup> in period
	SYSTEM INPUT VOLUME				7500	m <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup> in period
	Water Exported from this system				0	m <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup> in period
	WATER SUPPLIED TO THIS SYSTEM				7500	m <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup> in period
	Billed Metered Consumption				5500	m <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup> in period
	Billed Unmetered Consumption				0	m <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup> in period
	NON-REVENUE WATER NRW				2000	m <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup> in period
	Unbilled Authorised Consumption 1,25% of Water Supplied				94	m <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup> in period
	WATER LOSSES				1906	m <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup> in period
	Unauthorised Consumption 0,25% of Water Supplied				19	m <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup> in period
	Customer Metering Inaccuracies 6,00% of Billed Metered Consumption				351	m <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup> in period
	APPARENT LOSSES				370	m <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup> in period
	CURRENT ANNUAL REAL LOSSES CARL				1536	m <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup> in period
	UNAVOIDABLE ANNUAL REAL LOSSES UARL				187	m <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup> in period
POTENTIALLY RECOVERABLE REAL LOSSES = CARL - UARL				1350	m <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup> in period	
When you have completed the Water Balance calculation, then move on to the 'Performance' Worksheet >>>>>						

Σχήμα Β-5.2. Υπολογισμοί Υδατικού Ισοζυγίου (www.leakssuite.com)

'LEAKS' Suite of LEAKAGE EVALUATION and ASSESSMENT KNOW-HOW SOFTWARE							
CheckCalcs - a free software for identifying Leakage and Pressure Management Opportunities							
CheckCalcs	Developed	Version 2a	29th May 2007	Greece	GRE.001	© ILMSS Ltd	
THIS WORKSHEET SHOWS IWA BEST PRACTICE PERFORMANCE INDICATORS FOR NRW, APPARENT LOSSES AND REAL LOSSES							
Colour coding	Data entry	Calculated Values	Default Values	Data from another Worksheet			
Type of PI ?	Aristotle University of Thessaloniki	example	01/01/2006	to	01/01/2007		
Operational management of Non Revenue Water	Non Revenue Water (NRW)			390,3	litres/service conn/day		
	Unbilled Authorised Consumption			18,3	litres/service conn/day		
	Apparent Losses			72,2	litres/service conn/day		
	Real Losses	Best traditional simple PI			299,9	litres/service conn/day	
		Best simple PI allowing for pressure			10,0	litres/connection/day/m. pressure	
Best PI: Infrastructure Leakage Index ILI			8,2				
Financial	Non Revenue Water (NRW)			26,7%	of System Input Volume		
				26,7%	of Water Supplied		
<b>Brief Information Notes on each Performance Indicators (PI) - for more detailed information, see the PIFastCalcs Standard software</b>							
Apparent Losses	Direct pressure systems should experience only low Apparent Losses, from unauthorised consumption (theft) and customer metering errors. Systems with customer storage tanks at ground level or roof level are likely to have higher apparent losses due to systematic under-registration of customer meters at low flows.						
Real Losses	The choice of the best traditional simple PI depends upon the density of connections, as follows:						
	For systems with <b>20 or more</b> service connections per km of mains, use <b>litres/service connections/day</b>						
	For systems with <b>less than 20</b> service connections per km of mains, use <b>m3/km of mains/day</b>						
Real Losses	Litres/service connection/day/metre of pressure is, for most systems, a simple PI for Real Losses management that takes account of pressure. For systems with high density of connections (> 60 per km of mains) and customer meters located close to the property line, this PI should be approximately the same (as a number) as the Infrastructure Leakage Index.						
	Infrastructure Leakage Index (ILI) is the best Performance Indicator for operational management of Real Losses, as it makes system-specific allowances for mains length, number of service connections, customer meter location and average pressure. A system with an ILI of 3 has a Current Annual Real Losses volume of three times the Unavoidable Annual Real Losses for that system at the current operating pressure. A warning message appears in Cell G13 if the system is too small for a reliable ILI calculation.						
Financial % PIs for Non Revenue Water NRW	%s by volume are significantly influenced by differences and changes in consumption, particularly if a significant proportion of System Input Volume is exported, and should <b>never</b> be used as operational PIs for NRW and its components. For an improved Financial Performance Indicator, convert components of NRW volume to monetary values (in Euros, \$s etc), and express the value of NRW as a % of Annual Running Costs						
To compare the ILI for this system with World Bank Institute Guidelines, go to the next Worksheet >>>>>							

Σχήμα Β-5.3. Οι δείκτες απόδοσης καλών πρακτικών για NRW, Εμφανείς και Πραγματικές Απώλειες (www.leakssuite.com)

'LEAKS' Suite of LEAKAGE EVALUATION and ASSESSMENT KNOW-HOW SOFTWARE																																																																		
CheckCalcs - a free software for identifying Leakage and Pressure Management Opportunities																																																																		
CheckCalcs	Developed	Version 2a	29th May 2007	Greece	GRE.001	Aristotle University of Thessaloniki																																																												
© ILMSS Ltd																																																																		
THIS WORKSHEET PROVIDES AN OVERVIEW OF POSSIBLE OPPORTUNITIES AND ACTIONS FOR IMPROVING LEAKAGE MANAGEMENT PERFORMANCE																																																																		
World Bank Institute (WBI) Guidelines for Developed Countries																																																																		
The World Bank Institute has recently introduced, into its NRW Training Modules, a target matrix for Real Losses management performance, based on real losses in volume/service connection/day for a range of average operating pressures, and classified into Bands A to D. The targets assume that customer meters are located at the property boundary, with an average connection density of around 40 per km mains. Bands A to D in the WBI target matrix can also be shown as an equivalent range of ILIs, which can be applied to a wider range of connection densities and customer meter locations, as shown below. Band limits in terms of ILIs, general descriptions of each Band, and appropriate recommended actions are as follows:																																																																		
Developing Countries	Developed Countries	BAND	Calculated ILI for this System	General description of Real Loss Management Performance Categories for Developed and Developing Countries																																																														
ILI range	ILI range																																																																	
Less than 4	Less than 2	A		Further loss reduction may be uneconomic unless there are shortages; careful analysis needed to identify cost-effective improvement																																																														
4 to < 8	2 to < 4	B		Potential for marked improvements; consider pressure management, better active leakage control practices, and better network maintenance																																																														
8 to < 16	4 to < 8	C		Poor leakage record; tolerable only if water is plentiful and cheap; even then, analyze level and nature of leakage and intensify leakage reduction efforts																																																														
16 or more	8 or more	D	8,2	Very inefficient use of resources; leakage reduction programs imperative and high priority																																																														
ILI for your System (blue dotted line) compared with ILIs for 22 Systems in European Developed Countries (Data source: ILMSS Ltd)				WBI Recommendations for BANDS																																																														
				<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Investigate pressure management options</td> <td>Yes</td> <td>Yes</td> <td>Yes</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Investigate speed and quality of repairs</td> <td>Yes</td> <td>Yes</td> <td>Yes</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Check economic intervention frequency</td> <td>Yes</td> <td>Yes</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Introduce/improve active leakage control</td> <td>Yes</td> <td>Yes</td> <td>Yes</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Identify options for improved maintenance</td> <td></td> <td>Yes</td> <td>Yes</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Assess Economic Leakage Level</td> <td>Yes</td> <td>Yes</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Review burst frequencies</td> <td></td> <td>Yes</td> <td>Yes</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Review asset management policy</td> <td></td> <td>Yes</td> <td>Yes</td> <td>Yes</td> </tr> <tr> <td>Deal with deficiencies in manpower, training and communications</td> <td></td> <td></td> <td>Yes</td> <td>Yes</td> </tr> <tr> <td>5-year plan to achieve next lowest band</td> <td></td> <td></td> <td>Yes</td> <td>Yes</td> </tr> <tr> <td>Fundamental peer review of all activities</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Yes</td> </tr> </tbody> </table>				A	B	C	D	Investigate pressure management options	Yes	Yes	Yes		Investigate speed and quality of repairs	Yes	Yes	Yes		Check economic intervention frequency	Yes	Yes			Introduce/improve active leakage control	Yes	Yes	Yes		Identify options for improved maintenance		Yes	Yes		Assess Economic Leakage Level	Yes	Yes			Review burst frequencies		Yes	Yes		Review asset management policy		Yes	Yes	Yes	Deal with deficiencies in manpower, training and communications			Yes	Yes	5-year plan to achieve next lowest band			Yes	Yes	Fundamental peer review of all activities				Yes
	A	B	C	D																																																														
Investigate pressure management options	Yes	Yes	Yes																																																															
Investigate speed and quality of repairs	Yes	Yes	Yes																																																															
Check economic intervention frequency	Yes	Yes																																																																
Introduce/improve active leakage control	Yes	Yes	Yes																																																															
Identify options for improved maintenance		Yes	Yes																																																															
Assess Economic Leakage Level	Yes	Yes																																																																
Review burst frequencies		Yes	Yes																																																															
Review asset management policy		Yes	Yes	Yes																																																														
Deal with deficiencies in manpower, training and communications			Yes	Yes																																																														
5-year plan to achieve next lowest band			Yes	Yes																																																														
Fundamental peer review of all activities				Yes																																																														
<p><b>Important Footnote:</b> the Infrastructure Leakage Index (ILI) provides guidance as to how well real losses are being managed (in terms of repairs, active leakage control and infrastructure management) at the current operating pressure. However, calculation of the ILI does not imply that pressure management in a system is optimal, or economic. If system pressures are excessive, or subject to surges, then pressure management may result in additional benefits for real losses management - in particular, a reduction in new burst frequency and annual repair costs, and a reduction in flow rates of existing leaks. So even if a low ILI is being achieved, there may still be opportunities to reduce annual real losses by improved pressure management. The PressCalcs Standard Software provides more detailed information on this topic.</p> <p><b>Note:</b> Simplified methods of calculating an economic frequency of intervention for active leakage control by regular survey are included in the ALLCalcs Standard software. This has allowed the development of the ELLCalcs standard software to calculate short-term Economic Leakage Level for an active leakage control policy of regular survey combined with pressure management options.</p> <p>For a quick estimate of the probable benefits of Pressure Management for your system, go next to the 'PMOpportunities' Worksheet &gt;&gt;&gt;&gt;</p>																																																																		

Σχήμα Β-5.4. Πιθανές ευκαιρίες και ενέργειες για τη βελτίωση της απόδοσης της διαχείρισης της πίεσης (www.leakssuite.com)

'LEAKS' Suite of LEAKAGE EVALUATION and ASSESSMENT KNOW-HOW SOFTWARE						
CheckCalcs - a free software for identifying Leakage and Pressure Management Opportunities						
CheckCalcs	Developed	Version 2a	29th May 2007	Colour coding of Cells	Data entry	Calculated
© ILMSS Ltd						
THIS WORKSHEET PROVIDES AN OVERVIEW ASSESSMENT OF POSSIBLE PRESSURE MANAGEMENT OPPORTUNITIES						
If system pressures are excessive, or subject to surges, pressure management may achieve some or all of the following benefits:						
? reductions in flow rates from existing leaks and bursts						
? reduced numbers of new bursts and repair costs, and extended infrastructure life (if pressure management permanently maintained)						
? reductions in residential consumption, mainly due to consumption outside the property (irrigation etc).						
The simple screening process shown below helps to quickly identify the probability of pressure management opportunities.						
Step 1: Check for presence of surges by recording sample pressures in system at 1-second intervals.						
Step 2: Assess probability of Pressure Management opportunities based on type of supply (gravity or pumped) and average pressure. In Developed Countries, the assessment assumes a minimum standard of service for pressure of around 20 metres at all times. In Developing Countries, a lower standard of service for pressure is assumed to apply, with greater opportunities for pressure management at lower pressures.						
Aristotle University of Thessaloniki			Type of System	Average Pressure	Probability	
example			Gravity supply	Less than 30 metres	LOW	
Average System Pressure Pav is 30,0 metres				30 to 39.9 metres	MODERATE	
System is supplied principally by pumping with Continuous supply				40 to 60 metres	MEDIUM	
Using this information, and the assessment method shown in Cells G15 to M21, the probability of pressure management opportunities for this system can be provisionally categorised as HIGH				More than 60 metres	HIGH	
			Direct pumping	All	HIGH	
			Intermittent Supply	All	HIGH	
Step 3: Predict possible changes in leak flow rates, frequency of new bursts and repair costs, and residential consumption, for change in pressure						
Assumed change in average system pressure -5,00 metres			Probable range of predicted changes:			
Assumed % change in Pav -16,7%			% change in current leak flow rates	-9%	-17%	-24%
% of annual residential consumption outside property 30%			% change in new burst numbers and annual repair costs	-12%	-23%	-47%
Do customers have private storage tanks? (Yes/No) Yes			% change in residential consumption	-0,6%	-0,8%	-0,9%
Step 4: For a more detailed evaluation of pressure management opportunities and costs, use the PressCalcs Standard program. An overview of all the available specialist customisable software in the LEAKS Suite, to assist you in more detailed evaluations, is shown on the 'Software' Worksheet.						

Σχήμα Β-5.5. Πιθανές ευκαιρίες διαχείρισης της πίεσης (www.leakssuite.com)

#### **B-5.1.2. Λογισμικό PIFastCalcs ([www.leakssuite.com](http://www.leakssuite.com))**

Αυτό το λογισμικό χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό ισοζυγίου και κάποιων δεικτών απόδοσης με μεγαλύτερη λεπτομέρεια από το CheckCalcs αφού υπολογίζει τα διαστήματα εμπιστοσύνης και κάνει εκτίμηση των συστατικών του NRW. Συγκρίνει επίσης τα αποτελέσματα με διεθνή και εθνικά δεδομένα. Αυτό το λογισμικό δεν παρέχεται δωρεάν.

#### **B-5.1.3. Λογισμικό PressCalcs ([www.leakssuite.com](http://www.leakssuite.com))**

Είναι ένα λογισμικό που εισάγει και εξηγεί τις βασικές έννοιες και προβλέπει πως νέες θραύσεις μπορούν να επηρεαστούν από την διαχείριση της πίεσης. Το PressCalcs εξηγεί και προσδιορίζει τα κρίσιμα σημεία μέτρησης της πίεσης στο δίκτυο, την παρουσία υπερβολικών πιέσεων στα κρίσιμα σημεία και τον παράγοντα νύχτας-ημέρας (night-day factor) που σχετίζει τις διαρροές τη νύχτα με τη μέση 24ώρη διαρροή. Παρέχει τέλος πρακτικές προβλέψεις του πως αλλαγές στη διαχείριση της πίεσης επηρεάζουν τους ρυθμούς ροής των διαρροών, τη συχνότητα νέων διαρροών, τα κόστη επισκευών, την κατανάλωση, τα λειτουργικά κόστη και τα έσοδα για συστήματα διανομής νερού.

#### **B-5.1.4. Λογισμικό ALCCalcs ([www.leakssuite.com](http://www.leakssuite.com))**

Το λογισμικό ALCCalcs παρέχει πληροφορίες για τον ενεργό έλεγχο των διαρροών. Βοηθά τις εταιρίες παροχής νερού να ξεκινήσουν προβλέποντας για κάθε σύστημα με επίπεδα εμπιστοσύνης την οικονομική συχνότητα επεμβάσεων ενεργού ελέγχου διαρροών, τον ετήσιο προϋπολογισμό για ενεργό έλεγχο διαρροών και το οικονομικό επίπεδο μη-αναφερθέντων πραγματικών απωλειών. Το ALCCalcs παρέχει πληροφορίες και καθοδήγηση στον χρονισμό, την ανάλυση και την ερμηνεία μετρήσεων νυχτερινής ροής συμπεριλαμβανομένων των βασικών χαρακτηριστικών του συστήματος, των δεικτών απόδοσης για νυχτερινή ροή, των συστατικών της νυχτερινής ροής εξαρτώμενων από την πίεση και τον υπολογισμό δεικτών νύχτα-μέρας. Αυτό το λογισμικό δεν είναι δωρεάν.

#### **B-5.1.5. Λογισμικό ELLCalcs ([www.leakssuite.com](http://www.leakssuite.com))**

Το λογισμικό ELLCalcs προβλέπει πως η διαχείριση της πίεσης επηρεάζει: (α) την συχνότητα και τους ρυθμούς ροής των αναφερθέντων διαρροών, (β) το ποσοστό της αύξησης των μη-αναφερθέντων διαρροών, (γ) την οικονομική συχνότητα παρεμβάσεων του ενεργού ελέγχου διαρροών, και (δ) την μείωση των αφανών διαρροών. Προβλέπει επίσης τον βραχυπρόθεσμο ELL στην τρέχουσα πίεση και για κάθε εναλλακτική νέα πίεση με διαστήματα εμπιστοσύνης. Το λογισμικό αυτό δεν παρέχεται δωρεάν.

#### **B-5.1.6. Λογισμικό PreMOCalcs ([www.leakssuite.com](http://www.leakssuite.com))**

Ενώ το PRESSCalcs χρησιμοποιείται για την κατανόηση των αρχών όσον αφορά την επίδραση της διαχείρισης της πίεσης στους ρυθμούς ροής των διαρροών, στην συχνότητα νέων θραύσεων και στην κατανάλωση, το PreMOCalcs χρησιμοποιείται για την ανάλυση δεδομένων 24ώρης δοκιμής μετρήσεων σε κάποια ζώνη. Συγκεκριμένα μετρούνται οι πιέσεις και οι ροές. Το λογισμικό αυτό δεν παρέχεται δωρεάν.

Στα πλαίσια αυτής της ομάδας λογισμικών οι ερευνητές που τα σχεδίασαν μπορούν να αναπτύξουν και λογισμικά κατά παραγγελία ([www.leakssuite.com](http://www.leakssuite.com)).

### **B-5.2 Λογισμικό Benchleak**

Είναι ένα λογισμικό που χρησιμοποιείται για τη συγκριτική αξιολόγηση των εταιρειών παροχής νερού στην Νότια Αφρική όσον αφορά τις διαρροές. Παρέχεται δωρεάν.

### **B-5.3 Λογισμικό WBEasyCalc**

Χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου και κάποιων δεικτών απόδοσης. Έχει σχεδιαστεί από τον A.Liemberger και την ομάδα του ([www.liemberger.cc](http://www.liemberger.cc)). Παρέχεται δωρεάν. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για όλες τις εταιρείες παροχής νερού στον κόσμο. Υπολογίζει το Υδατικό Ισοζύγιο και τους βασικούς δείκτες απόδοσης με διάστημα εμπιστοσύνης 95%. Έγινε προσαρμογή του λογισμικού στην Ελληνική γλώσσα και παρουσιάζεται στο Παράρτημα Γ.

### **B-5.4 Λογισμικό SigmaLite2**

Χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό όλων των δεικτών απόδοσης. Έχει αναπτυχθεί από το Τεχνολογικό Ινστιτούτο Νερού και την Ομάδα δράσης της IWA Αποδοτικής Λειτουργίας και Διαχείρισης (Efficient Operation and Management). Υπολογίζει όλους τους δείκτες απόδοσης εισάγοντας τα κατάλληλα δεδομένα. Βασίζεται στους δείκτες απόδοσης όπως αυτοί αναφέρονται από την Allegre et al. (2006). Παρέχεται δωρεάν.

### **B-5.5 Λογισμικά WaterAudit και CUWCC**

Αυτό το λογισμικό παρέχεται δωρεάν και χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου και κάποιων δεικτών απόδοσης για συστήματα στην Αμερική. Χρησιμοποιείται η ορολογία που χρησιμοποιούν στην Βόρεια Αμερική και δεν ενδείκνυται για την Ευρώπη.

### **B-5.6 Λογισμικό AquaLite**

Αυτό το λογισμικό παρέχεται δωρεάν και χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου και κάποιων δεικτών απόδοσης. Δεν έχει τελειοποιηθεί ακόμη.

### **B-5.7 Λογισμικό που αναπτύχθηκε**

Δεδομένου του τροποποιημένου Υδατικού Ισοζυγίου κρίθηκε αναγκαίο να σχεδιαστεί ένα εργαλείο φιλικό προς τον χρήστη για τον υπολογισμό του Υδατικού Ισοζυγίου και των δεικτών απόδοσης, που να μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα στην Ελλάδα. Αυτό το εργαλείο παρουσιάζεται στο Παράρτημα Δ.

## Κεφάλαιο Β-6: Στρατηγική Διαρροών

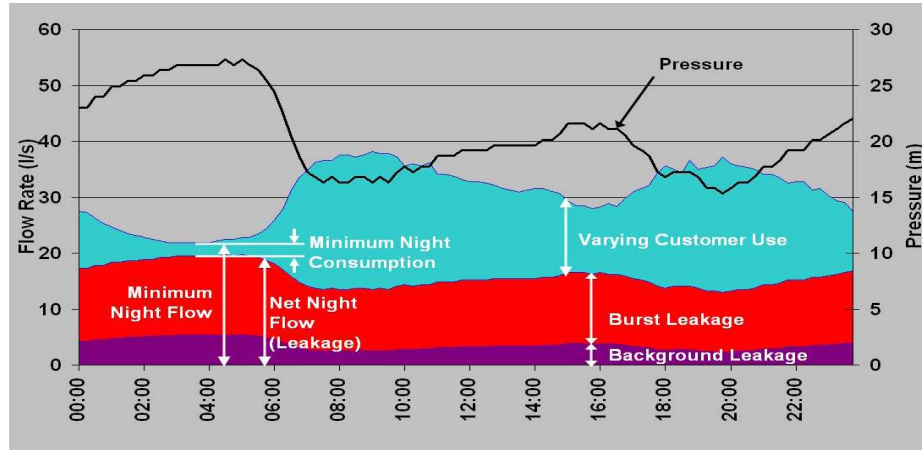
### Β-6.1 Ενεργός έλεγχος διαρροών (Active Leakage Control)

Εφαρμόζοντας ένα πρόγραμμα ενεργού ελέγχου διαρροών είναι εύκολο αρχικά να εντοπιστούν οι διαρροές. Λόγω του ότι οι εταιρείες παροχής νερού δεν διέθεταν κονδύλια για τον εντοπισμό των διαρροών αυτές δεν ήταν δυνατόν ούτε να εντοπιστούν ούτε να επιδιορθωθούν. Είναι γνωστό ότι οι προφανείς θραύσεις σε κύριους και δευτερεύοντες αγωγούς εντοπίζονται και γι' αυτό χρειάζεται μεγαλύτερη προσπάθεια για να μειωθούν οι διαρροές σε παρόμοιο όγκο.

Ο ενεργός έλεγχος των διαρροών αποτελεί μία από τις πλέον εφαρμόσιμες τεχνικές μείωσης των διαρροών και επομένως των απωλειών νερού στα δίκτυα παγκοσμίως. Η μεθοδολογία συνίσταται στον εντοπισμό, μέσω κατάλληλων συσκευών, του ήχου που γεννάται από τη ροή του νερού στο σημείο διαρροής. Με ακουστικές ηλεκτρονικές συσκευές γίνεται ταυτόχρονα ο αποκλεισμός των υπόλοιπων ήχων του περιβάλλοντος, με σκοπό τον εντοπισμό της περιοχής της διαρροής, σαρώνοντας το δίκτυο. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στις άμεσες, που βασίζονται στην άμεση επαφή της συσκευής με το νερό του αγωγού και στις έμμεσες ή επιφανειακές. Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται διακρίνονται στα στηθοσκόπια ή ακουστικές ράβδοι (stethoscope ή listening stick), στους ηλεκτρονικούς εντοπιστές (electronic amplifier and detector) και στους συσχετιστές ήχου (leak noise correlator). Επειδή η τεχνική αυτή απαιτεί χρόνο και είναι και δαπανηρή, πρέπει να συνδυάζεται με συστήματα ελέγχου και τηλεχειρισμού τα οποία δείχνουν ότι υπάρχει κάποιο πρόβλημα σε κάποια περιοχή. Τότε επιστρατεύονται οι συσκευές εντοπισμού διαρροών αφού πρώτα περιοριστεί η έκταση της περιοχής ελέγχου μέσω κλεισίματος βανών.

### Β-6.2 Διαχείριση πίεσης

Η διαχείριση και ο έλεγχος της πίεσης θεωρείται ότι είναι ο πιο σημαντικός δρόμος για την μείωση των διαρροών του νερού, αφού έχει αποδειχθεί ότι μειώνει τις διαρροές και τις θραύσεις δραστικά. Από έρευνες πεδίου σε όλο τον κόσμο έχει αποδειχθεί ότι κατά τη διάρκεια της νύχτας (02:00-04:00) που η κατανάλωση νερού είναι ουσιαστικά μηδενική, η στατική πίεση στο δίκτυο έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση των απωλειών νερού μέσω των διαρροών (Σχήμα Β-6.1). Τα επίπεδα της Ελάχιστης Νυχτερινής Κατανάλωσης (MNF: Minimum Night Flow) αποτελούν σαφή ένδειξη ότι για το επίπεδο των διαρροών στο δίκτυο (NNF: Net Night Flow). Από τις έρευνες διαπιστώθηκε επιπλέον και μία υπολογίσιμη αύξηση του επιπέδου των διαρροών βάσης (Background Leakage), που ουσιαστικά αποτελούν τις μόνιμες σταθερές απώλειες νερού (Κανακούδης, 2008).



**Σχήμα Β-6.1.** Τυπικό διάγραμμα ημερήσιας μεταβολής της πίεσης λειτουργίας

Οι συμβατικοί τρόποι ελέγχου και διαχείρισης της πίεσης λειτουργίας, που εφαρμόζονται ευρέως μέχρι σήμερα, βασίζονται στην απλή εγκατάσταση βαλβίδων μείωσης πίεσης (PRVs), ή στη χρήση τους για τη ζωνοποίηση του δικτύου. Η τελευταία εξέλιξη στη προσπάθεια μείωσης των απωλειών νερού λόγω των διαρροών, είναι ο χωρισμός του δικτύου σε στεγανές ελεγχόμενες υποζώνες (DMAs: District Metered Areas). Βασική αρχή είναι ο απόλυτος έλεγχος της παροχής εισόδου και εξόδου σε κάθε υποζώνη. Βέβαια για την επιλογή της μεθόδου ενδείκνυται να γίνεται μία ανάλυση Κόστους/Οφέλους ώστε να προσδιοριστεί η οικονομική αποτελεσματικότητα της επιλεγείσας λύσης.

Επιτυχημένο παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση της πόλης της Λεμεσού στην Κύπρο η οποία από το 1985 έχει ξεκινήσει πρόγραμμα διαχείρισης διαρροών του δικτύου της. Το δίκτυο αποτελείται από 800 km αγωγών και υδροδοτεί 170.000 κατοίκους (Charalambous, 2007). Μεταξύ του 2002-2007 το 70% του δικτύου χωρίστηκε σε δύο υδραυλικές ζώνες αποτελούμενες από 17 και 15 στεγανές υποζώνες αντίστοιχα (DMAs). Η αποτίμηση αυτού του προγράμματος έδειξε ότι:

(α) υπήρξε επίτευξη των γενικών στόχων του προγράμματος, δηλαδή:

- αποτελεσματικός έλεγχος του δικτύου,
- συνεχής παρακολούθηση ελάχιστης νυκτερινής ροής για εντοπισμό διαρροών,
- ρύθμιση και έλεγχος της πίεσης του δικτύου,
- μείωση του χρόνου ανεύρεσης διαρροών και
- εξοικονόμηση νερού και χρημάτων.

(β) μειώνοντας την πίεση κατά μέσο όρο 32% στις 15 DMAs της δεύτερης υδραυλικής ζώνης προέκυψε:

- 38% μείωση απωλειών νερού που ισοδυναμούν με εξοικονόμηση 220.000 m<sup>3</sup>/έτος, δηλαδή 170.000 €/έτος,

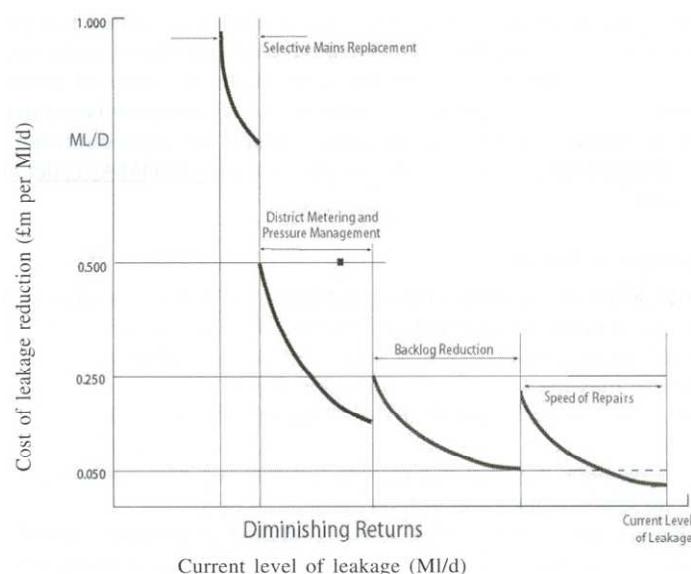
- 41% μείωση στις νέες βλάβες που ισοδυναμεί με εξοικονόμηση 100.000 €έτος,

(γ) συνολικά τα αποτελέσματα της εφαρμογής του προγράμματος DMAs οδήγησαν σε:

- μείωση του μη τιμολογηθέντος νερού από 27% σε 17% μεταξύ 1987-2007,
- μείωση των περιστατικών νέων βλαβών,
- μείωση της πραγματικής απώλειας νερού ανά παροχή από 200 σε 95 lt/ημέρα κατατάσσοντας το δίκτυο στην κατηγορία Α του συστήματος βαθμολόγησης (πίνακας Β-4.3) (Charalambous, 2007).

### Β-6.3 Ταχύτητα και ποιότητα επισκευών

Η αύξηση της ταχύτητας επισκευής των διαρροών και των θραύσεων και η βελτίωση της ποιότητας των επισκευών αποτελούν αποτελεσματικούς τρόπους μείωσης των διαρροών. Μειώνοντας τον χρόνο επιδιόρθωσης της διαρροής, ο όγκος της θα μειωθεί. Παρόλα αυτά όταν ο χρόνος αυτός μειωθεί κάτω από ένα ορισμένο επίπεδο, τότε το μοναδιαίο κόστος επιδιόρθωσης θα αυξηθεί εξαιτίας πληρωμών στο προσωπικό (αναμονής, κλήσης και υπερωριών). Ενδεχομένως μπορεί να αυξηθεί λόγω συμβάσεων με εργολάβους που θα δημιουργήσουν επιπλέον ομάδες επιδιόρθωσης. Στο Σχήμα Β-6.2 φαίνεται πως κάθε επιλογή διαχείρισης των διαρροών μπορεί να εφαρμοστεί με χαμηλό μοναδιαίο κόστος σε Μl/ημέρα, αλλά το μοναδιαίο κόστος αυξάνεται όσο περισσότερο χρησιμοποιείται κάθε μέτρο μείωσης διαρροών. Το Σχήμα Β-6.2 δείχνει μια τυπική σειρά χρήσης κάθε μέτρου, αλλά αυτή η σειρά μπορεί να διαφέρει εξαρτώμενη από τις τοπικές συνθήκες. Παρόλο που κάθε επιλογή φαίνεται να έχει ένα αρχικό και τελικό επίπεδο διαρροής, στην πράξη θα υπάρχει κάποιος βαθμός επικάλυψης, όπου ένα μίγμα μέτρων χρησιμοποιείται για κάθε επίπεδο διαρροών ώστε να γίνουν περισσότερες μειώσεις.



Σχήμα Β-6.2. Αντισταθμιστικά οφέλη από τα μέτρα μείωσης των διαρροών



## B-6.4 Διαχείριση αγωγών και συσκευών του δικτύου

Η αντικατάσταση ενός παλιού αγωγού με έναν νέο, ο οποίος έχει ελεγχθεί πριν τεθεί σε λειτουργία, θα μειώσει αδιαμφισβήτητα τις διαρροές στον αγωγό. Οι περισσότερες διαρροές συμβαίνουν στις συνδέσεις με τους καταναλωτές και μόνο αν αυτές αντικατασταθούν το όφελος θα είναι όσο μεγάλο έχει υπολογιστεί. Υπάρχουν προβλήματα στις περιπτώσεις των αντικαταστάσεων των αγωγών όπως όταν ο παλιός αγωγός είναι δύσκολο να μετακινηθεί και παραμένει στο έδαφος, εξακολουθώντας να συμβάλλει στις διαρροές. Στις περιπτώσεις που αντικαταστάσεις αγωγών γίνονται για άλλους λόγους όπως η ποιότητα του νερού, τότε θα υπάρχει όφελος και για την ποσότητα των διαρροών. Εάν οι αντικαταστάσεις των αγωγών είναι πρωταρχικό μέτρο για την μείωση των διαρροών τότε πρέπει να γίνουν μελέτες για να επιλεγούν οι περιοχές και οι αγωγοί σε αυτές τις περιοχές που πρέπει να αντικατασταθούν. Εάν οι μελέτες γίνουν σωστά τότε θα υπάρχει και οικονομική αποτελεσματικότητα.

Η επένδυση την οποία θα κάνει η εταιρεία ύδρευσης θα έχει άμεσα και μεσοπρόθεσμα αποτελέσματα. Οι βασικοί στόχοι είναι:

- α) ο προσδιορισμός του βέλτιστου χρόνου αντικατάστασης των αγωγών του δικτύου, απαντώντας στο δίλημμα «επισκευή ή αντικατάσταση» και
- β) ο προσδιορισμός του βέλτιστου χρόνου αντικατάστασης των μετρητών των καταναλωτών.

Αναφορικά με τον πρώτο στόχο, μέσα από εφαρμοσμένη έρευνα έχουν αναπτυχθεί, τόσο στο εξωτερικό, όσο και στην Ελλάδα (Kanakoudis and Tolikas, 2001), οικονομοτεχνικά μοντέλα διαχείρισης αστοχιών δικτύων, που βασίζονται σε ιστορικά δεδομένα διαρροών και θραύσεων, καθώς και σε στοιχεία κόστους εντοπισμού και επισκευής διαρροών καθώς και επισκευής ή αντικατάστασης των αγωγών. Τα μοντέλα αυτά:

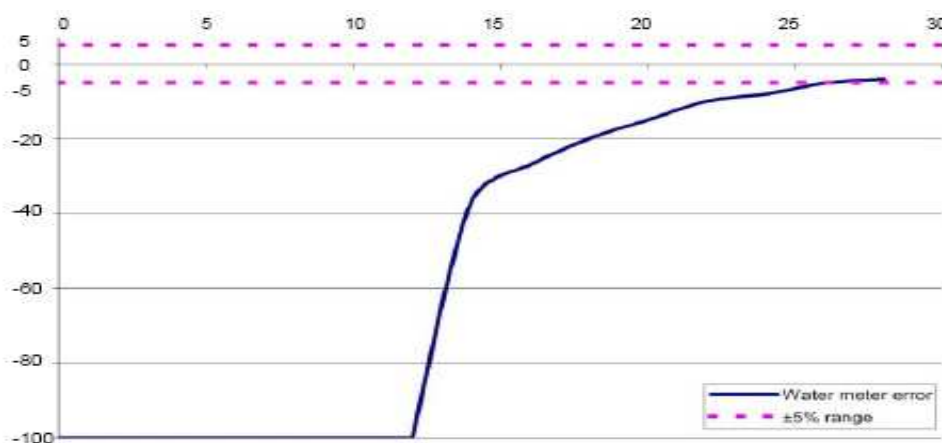
- προσδιορίζουν τους ρυθμούς εμφάνισης αστοχιών (break rates),
- συνυπολογίζουν όλα τα εμπλεκόμενα είδη κόστους (τεχνικό /κοινωνικό/περιβαλλοντικό),
- προσδιορίζουν το κόστος των απωλειών βάσει και του εναλλακτικού υδατικού πόρου που θα κληθεί να καλύψει άμεσα ή στο μέλλον την ποσότητα του νερού που χάνεται λόγω των διαρροών και των θραύσεων.

Η αποτελεσματικότητα των μοντέλων προϋποθέτει την ύπαρξη δεδομένων του δικτύου και των αστοχιών του. Η διάθεση των στοιχείων αυτών είναι δυνατόν να οδηγήσει σε ασφαλή συμπεράσματα για το βέλτιστο χρόνο αντικατάστασης των αγωγών, παρέχοντας τη δυνατότητα στην εταιρεία διαχείρισης του δικτύου να προγραμματίσει και να ιεραρχήσει τις δαπάνες της και να προβεί στον κατάλληλο σχεδιασμό παρεμβάσεων, ελαχιστοποιώντας την όχληση των καταναλωτών.

Αναφορικά με τον δεύτερο στόχο, είναι κοινά αποδεκτό πως το πρόβλημα της υπομέτρησης αποτελεί μία από τις τέσσερις συνιστώσες (Σχήμα B-4.1) ενός ευρύτερου προβλήματος που καλείται «Εμφανείς Απώλειες». Οι άλλες τρεις συνιστώσες είναι η

παράνομη σύνδεση (κλοπή), τα σφάλματα της ανάγνωσης των μετρητών και τα σφάλματα στη χρέωση της μετρούμενης κατανάλωσης.

Το πρόβλημα της υπομέτρησης των μετρητών των καταναλωτών απασχολεί εδώ και πάρα πολλά χρόνια τόσο τις εταιρείες παροχής νερού όσο και τους ερευνητές παγκοσμίως. Πρόσφατες εργαστηριακές μελέτες (Γ. Στακιάδης, Π. Παπανικολάου, 2007) βασισμένες σε πειραματικές διατάξεις ακριβείας κατέδειξαν ότι οι συνήθεις μετρητές που υπερμετρούν (ποσοτικά και όχι χρεωστικά) την διερχόμενη ποσότητα νερού κατά τα πρώτα πέντε χρόνια λειτουργίας τους και στην συνέχεια την υπομετρούν για τα επόμενα πέντε. Αποτέλεσμα αυτών είναι ο προσδιορισμός του νεκρού σημείου της «επένδυσης» που καλείται οικιακός μετρητής να κείται χρονικά περίπου στην δεκαετία λειτουργίας τους. Πέραν αυτού του σημείου, η υπομέτρηση βαρύνει πλήρως την εταιρεία παροχής νερού (Σχήμα Β-6.3). Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με την επικρατούσα εμπειρική προσέγγιση που συνιστά την αντικατάσταση των μετρητών μόλις συμπληρώσουν δέκα χρόνια λειτουργίας.



Σχήμα Β-6.3. Καμπύλη σφάλματος μετρητή (L/h)

### Β-6.5 Υπομέτρηση και αντιμετώπιση οικιακών διαρροών

Η υπομέτρηση είναι έντονο φαινόμενο στις περιπτώσεις χαμηλών παροχών όπου ο μετρητής δεν μπορεί να μετρήσει γιατί βρίσκεται κάτω από το ελάχιστο όριο μέτρησης. Τα καζανάκια και οι βρύσες που στάζουν μέσα στην ιδιοκτησία καθώς και οι δεξαμενές που υπερχειλίζουν στις ταράτσες (ειδικά στις περιοχές της Μεσογείου) είναι οι υπεύθυνοι για την υπομέτρηση. Οι οικιακές διαρροές αποτελούν σημαντικό μέρος των διαρροών του δικτύου, το οποίο μπορεί μεν να μην επηρεάζει το ανταποδοτικό νερό του δικτύου της εταιρείας ύδρευσης αλλά σίγουρα αποτελεί πρόβλημα απωλειών νερού. Υπάρχουν λύσεις για το πρόβλημα αυτό όπως για παράδειγμα οι μειωτές της μη-μετρούμενης παροχής (UFR: Unmeasured Flow Reducer) (Davidesko, 2007). Ο βασικός στόχος της UFR είναι να κατεβάξει το ελάχιστο όριο μετρούμενης διερχόμενης παροχής διακόπτοντας την παροχή χωρίς να επηρεάζει την ποσότητα νερού που περνά τελικά από τον μετρητή. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται τόσο η μέτρηση και τιμολόγηση της κατανάλωσης (άμεσο αποτέλεσμα) με μεγαλύτερη ακρίβεια (Charalambous et al., 2007) όσο και πιθανώς η αντιμετώπιση της οικιακής διαρροής από τον ίδιο τον καταναλωτή, όταν διαπιστώσει την αύξηση της

ποσότητας νερού που καταναλώνει και επομένως και των χρημάτων που δαπανά (έμμεσο αποτέλεσμα) (Κανακούδης 2008).

## Κεφάλαιο Β-7: Συμπεράσματα - Προτάσεις

Σε παγκόσμιο επίπεδο το πρόβλημα των αστοχιών των δικτύων και κατά συνέπεια της απώλειας νερού είναι ιδιαίτερα σημαντικό και απασχολεί όλο και περισσότερο τους εμπλεκόμενους φορείς (εταιρείες παροχής νερού, επιστημονική κοινότητα, κατασκευαστές στοιχείων κ.α.) εξαιτίας της μεγάλης σημασίας που έχουν οι υδατικοί πόροι λόγω της έλλειψης νερού. Γι' αυτό το λόγο γίνεται μεγάλη προσπάθεια εξεύρεσης λύσεων για την διαχείριση των δικτύων και των αστοχιών τους και κατά συνέπεια για την μείωση της ποσότητας νερού που χάνεται χωρίς να αποφέρει έσοδα. Η ανάγκη αυτή γίνεται όλο και πιο επιτακτική αν υπολογιστεί ότι η μείωση κατά 50% των επιπέδων του NRW στον αναπτυσσόμενο κόσμο θα επιφέρει:

1. 8 δισεκ. m<sup>3</sup> διαθέσιμο επεξεργασμένο νερό για κατανάλωση σε χώρες που δεν έχουν πρόσβαση σε καθαρό νερό, και

2. 90 εκατομμύρια άνθρωποι επιπλέον τον χρόνο θα είχαν πρόσβαση σε πόσιμο νερό.

Για τους παραπάνω λόγους η IWA έχει υιοθετήσει το Διεθνές Πρότυπο Υδατικό Ισοζύγιο και 170 δείκτες απόδοσης. Είναι απαραίτητο να υπάρχει κοινή ορολογία μεταξύ των εταιρειών παροχής νερού σε όλο τον κόσμο για να γίνονται συγκριτικές αξιολογήσεις μεταξύ των δικτύων. Η εκτίμηση των συστατικών του Υδατικού Ισοζυγίου οδηγεί στον υπολογισμό του νερού που δεν αποφέρει έσοδα (NRW) και των πραγματικών απωλειών στις οποίες συμπεριλαμβάνεται το νερό που χάνεται από διαρροές και θραύσεις των αγωγών. Η πρόταση για το Τροποποιημένο Υδατικό Ισοζύγιο προέκυψε από την εφαρμογή του στην Ελλάδα όπου εισάγεται η διαφορά του παγίου η οποία αποτελεί ποσότητα νερού που είναι απώλεια στην πραγματικότητα αλλά για την οποία η Δ.Ε.Υ.Α. πληρώνεται από τους καταναλωτές. Τίθεται επομένως η έννοια της πλήρης οικονομικής διάστασης του Υδατικού Ισοζυγίου εκτός από την ογκομετρική. Επιμέρους στοιχεία για την εκτίμησης του επιπέδου λειτουργίας του δικτύου προκύπτουν από τον υπολογισμό των δεικτών απόδοσης. Κάθε εταιρεία παροχής νερού θα επιλέξει εκείνους του δείκτες που χρειάζεται για την αποτίμηση της λειτουργίας του δικτύου της και όχι μόνο. Επίσης το μέτρο έκφρασης του κάθε δείκτη εξαρτάται από την κάθε εταιρεία ύδρευσης.

Για την ανάλυση των πραγματικών απωλειών γίνεται εκτίμηση των διαρροών με βάση τα συστατικά τους υπολογίζοντας τους όγκους νερού που χάνεται για καθένα από τα συστατικά:

- Απώλειες βάσης (αναπόφευκτες απώλειες)
- Αναφερθείσες θραύσεις (εμφανείς διαρροές που αναφέρονται)
- Μη αναφερθείσες διαρροές (διαρροές που εντοπίζονται με ενεργό έλεγχο διαρροών)

Για την μείωση των διαρροών σε ελάχιστο οικονομικό επίπεδο μπορούν να εφαρμοστούν τέσσερις στρατηγικές: διαχείριση πίεσης, ταχύτητα και ποιότητα επισκευών, ενεργός έλεγχος διαρροών και διαχείριση αγωγών και συσκευών του δικτύου. Είναι επομένως κρίσιμο να βρεθούν μέθοδοι για την εκτίμηση της αξιοπιστίας των αγωγών που να μπορούν

να προβλέπουν την μελλοντική κατάσταση του αγωγού ώστε να γίνεται σωστή συντήρηση του δικτύου.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕΡΟΥΣ Β**

1. Alegre, H., Baptista, J.M., Cabrera, E. Jr., Cubillo, F., Duarte, P., Hirner, W., Merkel, W. and Parena, R. 2006. *Performance Indicators for Water Supply Services*, Second Edition, IWA publishing, UK
2. Charalambous, B. 2007. “Effective Pressure Management of District Metered Areas”, *International Specialty Conference “Water Loss 2007” IWA*, Vol.I, pp.241-255, Bucharest, Romania
3. Charalambous, B., Charalambous, S., and Ioannou, I. 2007. “Meter Under-registration caused by Ball Valves in Roof Tanks”, *International Specialty Conference “Water Loss 2007” IWA*, Vol.III, pp.710-719, Bucharest, Romania
4. Davidensko, A. 2007. “UFR – an innovative solution for water meter under-registration – case study in Jerusalem, Israel”, *International Specialty Conference “Water Loss 2007” IWA*, Vol.III, pp.704-709, Bucharest, Romania
5. Farley, M. and Trow, S. 2003. *Losses in Water Distribution Networks – A practitioner’s Guide to Assessment, Monitoring and Control*, IWA Publishing, UK
6. Kanakoudis, V., and Tolikas, D. 2001. “The role of leaks and breaks in water networks – Technical and economical solutions”, *Journal of Water Supply: Research and Technology – AQUA, IWA*, **53**(2), pp.109-124.
7. Lambert, A.O., Brown, T.G., Takizawa, M. and Weimer, D. 1999 “A Review of Performance Indicators for Real Losses from Water Supply Systems”. *Journal WSRT-Aqua*, IWA publishing, **48**(2), pp.227-237.
8. Lambert, A. and Hirner, W. 2000. *Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures*, The Blue Pages, IWA
9. Liemberger, R., Brothers, K., Lambert, A., McKenzie, R., Rizzo, A., and Waldron, T., 2007a. “Water Loss Performance Indicators”, *International Specialty Conference “Water Loss 2007” IWA*, Vol.I, pp.148-160, Bucharest, Romania.
10. Liemberger, R., Kingdom, W.D., and Marin, P. 2007b. “Performance based Non-Revenue Water Reduction Contacts”, *International Specialty Conference “Water Loss 2007” IWA*, Vol.III, pp.654-663, Bucharest, Romania
11. McKenzie, R., Seago, C., Liemberger R. 2007. “Benchmarking of Losses from potable water reticulation systems-Results from IWA Task Team”, *International Specialty Conference “Water Loss 2007” IWA*, Vol.I, pp.161-175, Bucharest, Romania.
12. Κανακούδης, Β. 2008. «Διαχείριση Δικτύων Ύδρευσης – Μέθοδοι, Τεχνολογίες, Εργαλεία», Ειδική Έκδοση Ε.Δ.Ε.Υ.Α. *Απώλειες Νερού σε Δίκτυα Υδροδότησης – Προβλήματα και Προκλήσεις*. pp.39-60
13. Στακιάδης, Γ. και Παπανικολάου, Π. 2007. «Πειραματική Διερεύνηση της Αξιοπιστίας Οικιακών Υδρομετρητών», *6<sup>ο</sup> Συνέδριο Ε.Ε.Δ.Υ.Π.*, Χανιά, Κρήτη
14. [www.leakssuite.com](http://www.leakssuite.com) [Πρόσβαση 12/3/2009]
15. [www.liemberger.cc](http://www.liemberger.cc) [Πρόσβαση 12/3/2009]
16. [www.studiomarcofantozzi.it](http://www.studiomarcofantozzi.it) [Πρόσβαση 12/3/2009]

# **ΕΝΟΤΗΤΑ Γ:** **«Προσαρμογή μοντέλου διαχείρισης διαρροών δικτύων ύδρευσης»**





## Κεφάλαιο Γ-1: Υδατικό ισοζύγιο – Δείκτες Απόδοσης

### Γ-1.1 Υδατικό Ισοζύγιο - εφαρμογή

Η πιλοτική εφαρμογή του μοντέλου της IWA (τόσο του αρχικού όσο και του τροποποιημένου) σε δύο δίκτυα ύδρευσης είναι η πρώτη εφαρμογή που γίνεται στην Ελλάδα. Στόχος είναι η ποσοτικοποίηση των απωλειών των δικτύων ύδρευσης για την αξιολόγηση του επιπέδου λειτουργίας των δικτύων ύδρευσης και την συγκριτική αξιολόγηση τους σε σχέση με άλλα δίκτυα παγκόσμια. Επιλέχθηκαν δύο δίκτυα ύδρευσης: της πόλης της Λάρισας και της πόλης της Κω. Το δίκτυο της πόλης της Λάρισας επιλέχθηκε γιατί είναι ένα σχετικά μεγάλο δίκτυο στο οποίο η Δ.Ε.Υ.Α. έχει ξεκινήσει την εφαρμογή προγράμματος μείωσης των διαρροών. Επιπλέον η πόλη της Λάρισας είναι μία ηπειρωτική περιοχή. Αντίθετα η πόλη της Κω είναι μία νησιωτική περιοχή της οποίας το δίκτυο παρουσιάζει την ιδιαιτερότητα της αύξησης της ζήτησης τους θερινούς μήνες εξαιτίας του τουρισμού. Το δίκτυο της πόλης της Κω είναι ένα μικρό δίκτυο στο οποίο δεν εφαρμόζεται καμία πολιτική για την μείωση των διαρροών.

### Γ-1.2 Δείκτες Απόδοσης

Εκτός από την εφαρμογή του Υδατικού Ισοζυγίου έγινε και υπολογισμός των Δεικτών Απόδοσης για τα δύο δίκτυα. Εξαιτίας του μεγάλου αριθμού στοιχείων που απαιτούνται για τον υπολογισμό και των 170 δεικτών απόδοσης και τα οποία δεν είναι διαθέσιμα, επιλέχθηκαν εκείνοι οι δείκτες που μπορούν να υπολογιστούν. Αυτοί οι δείκτες απόδοσης παρουσιάζονται στον πίνακα Γ-1.1.

**Πίνακας Γ-1.1.** Οι δείκτες απόδοσης που υπολογίζονται για την Δ.Ε.Υ.Α.Λ. και την Δ.Ε.Υ.Α.Κ. (Alegre et al., 2006)

Δείκτες Απόδοσης		Μαθηματικός τύπος	
Op23	Απώλειες νερού ανά σύνδεση	$(A15*365/H1)/C24$	
Op24	Απώλειες νερού ανά μήκος αγωγών	$(A15/H1)/C8$	
	Όγκος Απωλειών νερού (m <sup>3</sup> )	A15	
	Αξία Απωλειών νερού (€έτος)		
	Εμφανείς απώλειες ως % εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης	A18/A14	
	Εμφανείς απώλειες σε lt/σύνδεση/ημέρα	A18*1000/C24/H1	
Op27	Πραγματικές απώλειες ανά σύνδεση	$(A19*1000)/(C24*H2/24)$	
Op28	Πραγματικές απώλειες ανά μήκος αγωγών	$(A19*1000)/(C8*H2/24)$	
	UARL	$(18*(C8/C24)+0,8+0,025*C25)*(D34/10)$	
Op29	Infrastructure leakage index	$Op27/(18*(C8/C24)+0,8+0,025*C25)/(D34/10)$	
Fi46	Μη-ανταποδοτικό νερό σε όγκο	$(A21/A3)*100$	
	Μη-ανταποδοτικό νερό σε lt/σύνδεση/ημέρα	A21*1000/C24/H1	
	Μη-ανταποδοτικό νερό σε m <sup>3</sup> /km αγωγ/έτος	A21/C8	

Σύμβολο	Μεταβλητή	Μονάδες	Σύμβολο	Μεταβλητή	Μονάδες
A3	Όγκος εισερχόμενου νερού	m <sup>3</sup>	A21	Μη Ανταποδοτικό νερό (NRW)	m <sup>3</sup>
A5	Εξαγόμενο ακατέργαστο νερό	m <sup>3</sup>	C8	Μήκος αγωγών	Km
A7	Εξαγόμενο κατεργασμένο νερό	m <sup>3</sup>	C24	Αριθμός συνδέσεων εξυπηρέτησης	-
A14	Εξουσιοδοτημένη κατανάλωση	m <sup>3</sup>	C25	Μέσο μήκος σύνδεσης	m

A15	Απώλειες νερού	m <sup>3</sup>	D34	Μέση πίεση λειτουργίας	KPa
A18	Εμφανείς Απώλειες	m <sup>3</sup>	H1	Περίοδος μελέτης	Ημέρες
A19	Πραγματικές Απώλειες	m <sup>3</sup>	H2	Χρόνος που το σύστημα είναι υπό πίεση	Ωρες

### Γ-1.3 Παραδοχές

Οι δύο Δ.Ε.Υ.Α. που μελετώνται δεν διαθέτουν καθόλου στοιχεία για την μη-τιμολογούμενη μη-μετρούμενη κατανάλωση, η οποία υπολογίζεται να είναι μηδενική όπως και η τιμολογούμενη μη-μετρούμενη κατανάλωση αφού όλοι οι καταναλωτές διαθέτουν υδρομετρητές. Η μη-τιμολογούμενη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση αφορά πλύσιμο των δεξαμενών και των αγωγών, πότισμα των πάρκων κλπ.

Καμία από τις Δ.Ε.Υ.Α. δεν διαθέτουν στοιχεία που αφορούν στην μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση, τις παράνομες συνδέσεις, κλοπή κλπ. Γι' αυτό έγινε η παραδοχή να θεωρηθεί αυτή η ποσότητα το 1% του ετήσιου εισερχόμενου νερού στο δίκτυο. Το ποσοστό αυτό συναντάται στην παγκόσμια βιβλιογραφία (Farley and Trow, 2003, Κανακούδης, 1998). Γίνεται επίσης ανάλυση ευαισθησίας για να ελεγχθεί πόσο επηρεάζει τους δείκτες απόδοσης η μεταβολή αυτού του ποσοστού.

Τα λάθη των μετρητών και των μετρήσεων είναι επίσης ένα στοιχείο μη διαθέσιμο. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι κατασκευαστές των μετρητών δίνουν σφάλμα μέτρησης 3% επιλέχθηκε τα λάθη των μετρητών/μετρήσεων να είναι 5% του ετήσιου εισερχόμενου νερού. Από μελέτη στην ΕΥΔΑΠ το 1998, βρέθηκε ότι τα σφάλματα των μετρητών ανέρχονται σε 15% του εισερχόμενου νερού (Κανακούδης, 1998). Η ίδια η ΕΥΔΑΠ εφαρμόζοντας ένα πιλοτικό πρόγραμμα αποδέχεται σφάλματα μετρητών 7-9% της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης (Georgiadis et al., 2008). Γίνεται ανάλυση ευαισθησίας όσον αφορά τα λάθη μετρήσεων και μετρητών για να ελεγχθούν οι δείκτες απόδοσης.

Επίσης ο αριθμός των συνδέσεων των καταναλωτών είναι ένα στοιχείο το οποίο δεν είναι διαθέσιμο από τις Δ.Ε.Υ.Α. Για τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου και των δεικτών απόδοσης χρησιμοποιείται ένα εύρος αριθμού συνδέσεων των καταναλωτών. Κάθε πόλη έχει διαφορετική δόμηση. Σε κάθε περίπτωση μία σύνδεση καταλήγει σε περισσότερους υδρομετρητές και μάλιστα ο αριθμός αυτός είναι μεγάλος ειδικά στην περίπτωση των πολυκατοικιών. Γι' αυτό τον λόγο χρησιμοποιείται ένα εύρος αριθμού συνδέσεων για τους υπολογισμούς και με βάση τις προτάσεις των τεχνικών της κάθε Δ.Ε.Υ.Α. Ταυτόχρονα γίνεται ανάλυση ευαισθησίας.

Το μέσο μήκος του αγωγού σύνδεσης είναι επίσης άγνωστο και διαφέρει ανάλογα με την περιοχή. Γίνεται η παραδοχή ότι κυμαίνεται μεταξύ του 1m και των 10m. Για τους υπολογισμούς θεωρείται ότι είναι 7m, γίνεται όμως και ανάλυση ευαισθησίας. Οι δείκτες των οποίων οι τιμές επηρεάζονται από τις μεταβολές στις τιμές των μεταβλητών με την ανάλυση ευαισθησίας παρουσιάζονται στον πίνακα Γ-1.2.

**Πίνακας Γ-1.2.** Οι δείκτες απόδοσης που μεταβάλλονται με την ανάλυση ευαισθησίας

Δείκτες	Μεταβλητές			
	Μη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	Ανακρίβειες μετρητών	Αριθμός οικιακών συνδέσεων	Μέσο μήκος αγωγού σύνδεσης
Εμφανείς Απώλειες (m <sup>3</sup> )	X	X		
Πραγματικές Απώλειες (m <sup>3</sup> )	X	X		
Απώλειες νερού/σύνδεση			X	
Πραγματικές Απώλ./σύνδεση			X	
Εμφανείς Απώλειες/σύνδεση			X	
NRW (lt/σύνδεση)			X	
UARL			X	X
ILI	X	X	X	X

## Κεφάλαιο Γ-2: Εφαρμογή σε δίκτυα ύδρευσης παγκόσμια

Η εφαρμογή του Υδατικού Ισοζυγίου και των δεικτών απόδοσης σε διάφορα συστήματα παγκόσμια έχει προκαλέσει διάφορα συμπεράσματα. Οι Paracambos και Thornton (2002) σε μια μελέτη περίπτωσης στο Sao Paolo κατέληξαν ότι για τον ασφαλή υπολογισμό των δεικτών απόδοσης και των επιπέδων του IPI απαιτείται καλή ποιότητα δεδομένων και των τεχνικών συλλογής τους. Επιπλέον κατά τη διάρκεια ενός προγράμματος συγκριτικής αξιολόγησης στην Αυστρία (Kolbl et al., 2007) προσδιορίστηκαν οι κρίσιμοι παράγοντες για την σωστή ερμηνεία των δεικτών απόδοσης των απωλειών του νερού (δομή του συστήματος διανομής, μέση ηλικία των δικτύων, παρακολούθηση και ενεργός έλεγχος των διαρροών και τα κόστη της παραγωγής και της διανομής του νερού). Στο ίδιο πρόγραμμα τέθηκε το θέμα της αξιοπιστίας και της ακρίβειας των δεδομένων περιγράφοντας τις αδυναμίες των δεδομένων που διατηρούν οι εταιρείες παροχής νερού. Τελικά, αγροτικά και αστικά δίκτυα μελετήθηκαν και είχαν σαν αποτέλεσμα διαφορετικές τιμές διαρροών. Ο Pearson (2009) προτείνει ότι η διαθεσιμότητα και η ποιότητα των δεδομένων είναι επιβεβλημένη όταν προσδιορίζεται η στρατηγική για την μείωση των απωλειών.

Τα δεδομένα δεν είναι πάντα διαθέσιμα από τις εταιρείες παροχής νερού. Ο Morrison (2002) αναφέρει ότι το πρόβλημα των άγνωστων συνδέσεων των καταναλωτών στο δίκτυο της Ε.Υ.Α.Θ. αντιμετωπίζεται στον υπολογισμό των επιπέδων των διαρροών που εκτιμώνται τελικά βασισμένα στο μήκος των αγωγών. Η μελέτη περίπτωσης της πόλης της Γενεύης που αφορά στον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου ανέδειξε μια καλύτερη γνώση όλων των συστατικών του υδατικού ισοζυγίου και των πληροφοριών που πρέπει να διαχέονται σε όλο το προσωπικό που εμπλέκεται (Guibentif et al., 2007). Από τη συγκριτική αξιολόγηση του IPI σε πολλά συστήματα παγκόσμια, είναι προφανές ότι ο IPI δεν είναι πάντα ο πιο κατάλληλος δείκτης. Υπάρχουν προβλήματα με τα συστήματα χαμηλής πίεσης, με τα συστήματα με διακοπόμενη παροχή και με τα συστήματα με λιγότερες από 3.000 συνδέσεις καταναλωτών. Γι' αυτό ο IPI δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί πάντα για την σύγκριση συστημάτων από διαφορετικές χώρες. Αντίθετα τείνει να είναι εξαιρετικά χρήσιμο να συγκρίνονται συστήματα μέσα στην ίδια χώρα ή ακόμη και με την ίδια ταξινόμηση παράδοσης υπηρεσιών (McKenzie et al., 2007).

## Κεφάλαιο Γ-3: Εφαρμογή στο δίκτυο ύδρευσης της Δ.Ε.Υ.Α. Λάρισας

Η πόλη της Λάρισας βρίσκεται στο κεντρο-ανατολικό τμήμα της ηπειρωτικής Ελλάδας. Το υδροδοτικό σύστημα της Λάρισας αποτελείται από τους υπό εκμετάλλευση υδατικούς πόρους, τα συγκροτήματα άντλησης και μεταφοράς του νερού, και τους υδαταγωγούς μεταφοράς του. Η εταιρεία ύδρευσης και αποχέτευσης είναι δημοτική επιχείρηση, η Δ.Ε.Υ.Α.Λ.

### Γ-3.1 Υδατικοί πόροι

Οι υδατικοί πόροι που τροφοδοτούν το εξωτερικό υδραγωγείο της Δ.Ε.Υ.Α.Λ. είναι υπόγειοι. Συγκεκριμένα η εκμετάλλευση των υπόγειων υδροφορέων γίνεται από τρεις ομάδες γεωτρήσεων: της Γιάννουλης, του Αμπελώνα και των Πλατανουλιών. Στην Γιάννουλη υπάρχουν 5 γεωτρήσεις, στον Αμπελώνα 7 και στα Πλατανούλια 5. Οι πιο πρόσφατες γεωτρήσεις είναι των Πλατανουλιών για τις οποίες παρατίθενται τα στοιχεία παροχής, διαμέτρου σωλήνωσης, απόλυτου υψόμετρου εδάφους και άντλησης, βάθος τοποθέτησης, παροχής και ισχύος (Πίνακας Γ-3.1.).

**Πίνακας Γ-3.1.** Στοιχεία γεωτρήσεων Πλατανουλιών.

Γεώτρηση	Παροχή (m <sup>3</sup> /h)	Διάμετρος σωλήνωσης γεώτρησης	Απόλυτο υψόμετρο εδάφους (m)	Στάθμη άντλησης (m)	Απόλυτο υψόμετρο άντλησης (m)	Βάθος τοποθέτησης (m)	Μανομετρικό Ονομαστικής Παροχής (m)	Υπολογισμένη Ισχύς (KW)
Γ1	320	14"	116,93	46,40	70,53	51,40	105	140
Γ2	500	18"	140,44	80	60,44	85	115	240
Γ3	480	18"	154,29	95	59,29	100	115	230
Γ4	310	16"	159,20	105	54,20	110	121	162
Γ5	380	16"	164,67	105	59,67	110	117	186

Στα Πλατανούλια το αντλούμενο νερό συγκεντρώνεται σε μία δεξαμενή 8.000 m<sup>3</sup> που αποτελείται από δύο θαλάμους. Ένα μέρος του νερού πηγαίνει στην κεντρική δεξαμενή στην ΔΕΥΑΛ, ενώ ένα άλλο μέρος με έναν βοηθητικό καταθλιπτικό αγωγό by pass διαμέτρου Φ900 από χάλυβα, καταλήγει στις δεξαμενές της Αγίας Παρασκευής και του Μεζούρλου. Έως το 1998 η πόλη υδρευότανε διαφορετικά με 33 περιοχές ύδρευσης. Από το 1998 και μετά οι δύο δεξαμενές της Αγίας Παρασκευής και του Μεζούρλου υδροδοτούν τις δύο ζώνες της πόλης. Τα στοιχεία των αγωγών μεταφοράς από τις τρεις ομάδες γεωτρήσεων προς τις κεντρικές δεξαμενές της Δ.Ε.Υ.Α.Λ. συνοψίζονται στον Πίνακα Γ-3.2:

**Πίνακας Γ-3.2.** Αγωγοί μεταφοράς από τις γεωτρήσεις στις κεντρικές υπόγειες δεξαμενές

Τύπος	Από	Μέχρι	Μήκος (m)	Διάμετρος (mm)	Υλικό
Καταθλιπτικός	Γεωτρήσεις Γιάννουλης	Δεξαμενές ΔΕΥΑΛ	3.500	Φ600	Χάλυβας
Καταθλιπτικός	Γεωτρήσεις Αμπελώνα	Δεξαμενές ΔΕΥΑΛ	7.250	Φ600	Χάλυβας
Βαρύτητας	Γεωτρήσεις Πλατανουλιών	Δεξαμενές ΔΕΥΑΛ	400	Φ400	Χάλυβας

Οι δεξαμενές που βρίσκονται στις υπόγειες εγκαταστάσεις του κτιρίου της Δ.Ε.Υ.Α.Λ., αποτελούνται από 8 θαλάμους συνολικής χωρητικότητας 14.000 κυβικών μέτρων. Από τις δεξαμενές αυτές με αγωγούς Φ900 και Φ800 και σε κάποιο σημείο Φ500 (όλοι από χάλυβα), το νερό οδηγείται στις δεξαμενές της Αγίας Παρασκευής και του Μεζούρλου (Πίνακας Γ-3.3).

**Πίνακας Γ-3.3.** Μήκη, διάμετροι και υλικό αγωγών μεταφοράς από ΔΕΥΑΛ σε Αγία Παρασκευή και Μεζούρλο

Διάμετρος αγωγών	Μήκος αγωγών (m)	Υλικό αγωγών
Φ900	3.265	Χάλυβας
Φ800	2.030	Χάλυβας
Φ500	975	Χάλυβας

Στις εγκαταστάσεις της ΔΕΥΑΛ υπάρχει ένας υδατόπυργος, ο οποίος αποτελείται από μία δεξαμενή 400 κυβικών μέτρων και ο οποίος υπολειτουργεί.

Η δεξαμενή του Μεζούρλου όγκου 8.000 m<sup>3</sup>, αποτελούμενη από τρεις θαλάμους, βρίσκεται σε υψόμετρο 111 m και τροφοδοτεί απευθείας την πόλη με βαρύτητα. Από το Μεζούρλο τροφοδοτούνται οι περιοχές που βρίσκονται νότια και ανατολικά, για παράδειγμα Ανθούπολη, Νέα Πολιτεία, Αβέρωφ, Άγιος Γεώργιος κλπ. Από το Μεζούρλο το νερό φεύγει με αγωγούς Φ1000 και στην συνέχεια Φ600 (από χάλυβα) για την πόλη.

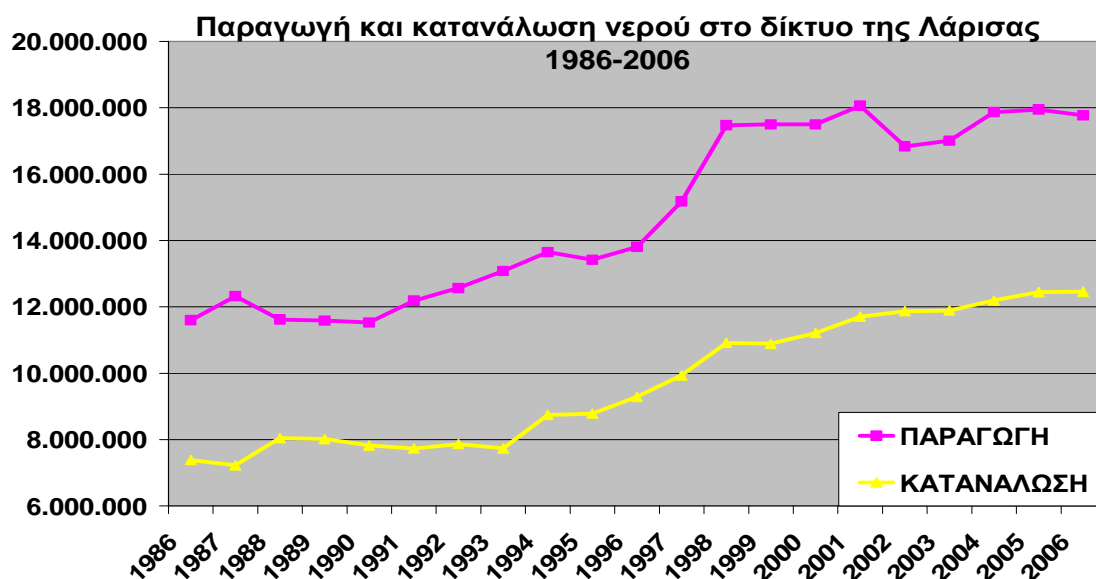
Η δεξαμενή της Αγίας Παρασκευής λειτουργεί όπως η δεξαμενή του Μεζούρλου. Είναι χωρητικότητας 5.000 m<sup>3</sup> και βρίσκεται σε υψόμετρο 126 m. Από αυτή την δεξαμενή η οποία βρίσκεται και ψηλότερα τροφοδοτείται όλη η υπόλοιπη πόλη. Το νερό φεύγει με αγωγούς από χάλυβα διαμέτρου Φ1000 και στην συνέχεια Φ900.

Στο εσωτερικό της πόλης υπάρχουν δύο υπόγειες δεξαμενές, η δεξαμενή Ορφανοτροφείου με όγκο 3.600 m<sup>3</sup> και η δεξαμενή Νεράιδα με όγκο 1.800 m<sup>3</sup>, οι οποίες με χρήση αντλιών τροφοδοτούν απευθείας το δίκτυο. Οι δεξαμενές αυτές σήμερα δεν λειτουργούν.

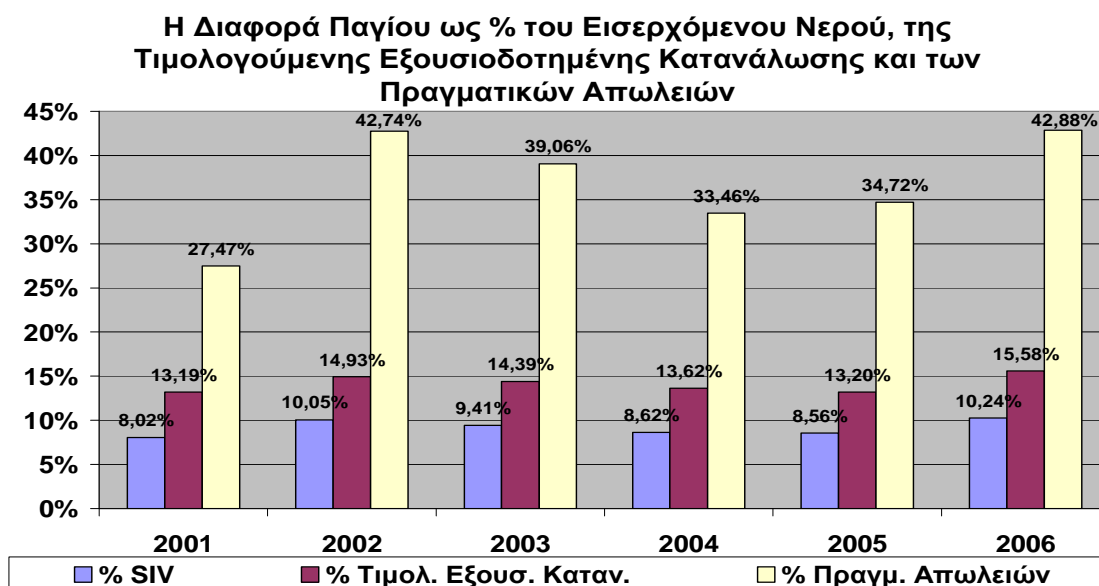
Το κεντρικό αντλιοστάσιο στο χώρο του Υδατόπυργου περιλαμβάνει 11 αντλίες. Οι 9 αντλίες δίνουν κάθε μία παροχή 600 m<sup>3</sup>/h σε μανομετρικό ύψος 85 m, ισχύ 250 KW και τροφοδοτούν τις δεξαμενές Μεζούρλου και Αγ. Παρασκευής. Οι άλλες δύο αντλίες είναι εφεδρικές με παροχή 600 m<sup>3</sup>/h η κάθε μία και μανομετρικό ύψος 45 m, οι οποίες τροφοδοτούν τις δεξαμενές Νεράιδας και Ορφανοτροφείου.

### Γ-3.2 Εσωτερικό Υδραγωγείο – Παραγωγή και Κατανάλωση Νερού

Το υδραγωγείο της Λάρισας καλύπτει τις υδρευτικές ανάγκες του πληθυσμού της, (192.000 άτομα – 72.000 υδρόμετρα), οι οποίες ανέρχονται το 2006 σε 17.770.139 (παροχή) m<sup>3</sup>. Στο Σχήμα Γ-3.1 φαίνεται η εξέλιξη της παροχής και της κατανάλωσης του νερού από το 1986 έως το 2006.



Σχήμα Γ-3.1. Παραγωγή και Κατανάλωση νερού στο δίκτυο της Λάρισας 1986-2006



Σχήμα Γ-3.2. Η διαφορά παγίου σαν % του εισερχόμενου νερού, της τιμολογούμενης εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης και των πραγματικών απωλειών για το δίκτυο της Λάρισας

Για τον υπολογισμό της διαφοράς του παγίου που είναι χρήσιμη για τον υπολογισμό του τροποποιημένου υδατικού ισοζυγίου αφαιρείται η χρεούμενη κατανάλωση από την κατανάλωση που καταγράφουν οι μετρητές. Η διαφορά παγίου σαν ποσοστό του εισερχόμενου νερού στο δίκτυο, της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης και των πραγματικών απωλειών φαίνεται στο σχήμα Γ-3.2. Από το σχήμα επιβεβαιώνεται η σημασία της διαφοράς του παγίου αφού αγγίζει το 43% των πραγματικών απωλειών. Αυτό σημαίνει ότι η Δ.Ε.Υ.Α.Λ. ανακτά το 43% των απωλειών της μέσω του παγίου. Η τακτική της Δ.Ε.Υ.Α.Λ.

είναι να χρεώνει σαν πάγιο 20 m<sup>3</sup> το δίμηνο. Αναδύεται λοιπόν η λανθασμένη πολιτική των Δ.Ε.Υ.Α. να μεταφέρουν το κόστος των απωλειών του νερού για το οποίο ευθύνονται οι ίδιες (για ένα μέρος του τουλάχιστον) στους καταναλωτές. Αυτό το ζήτημα θα συζητηθεί στην ενότητα Ε.

### Γ-3.3 Δίκτυο Διανομής της Δ.Ε.Υ.Α.Α.

Το δίκτυο διανομής της ΔΕΥΑΑ, συνολικού μήκους 628.081 μέτρων αποτελείται από αγωγούς (υλικό κατασκευής) PVC, PE, χυτοσίδηρου, αμιαντοτσιμέντου, και χάλυβα. Οι παλαιότεροι αγωγοί είναι οι αγωγοί από χυτοσίδηρο, οι οποίοι χρονολογούνται από το 1940 - 1950 περίπου, ενώ οι αγωγοί από αμίαντο χρησιμοποιούνται μέχρι την δεκαετία του 1990. Από το 1990 χρησιμοποιούνται κυρίως αγωγοί από χάλυβα, PVC και PE. Στο σχήμα Γ-3.3 κατανέμονται οι αγωγοί σε οικιακούς, δευτερεύοντες και μεταφοράς ανά υλικό και διάμετρο. Στον Πίνακα Γ-3.4 οι αγωγοί κατανέμονται ανά υλικό και έτος τοποθέτησης.

**Πίνακας Γ-3.4.** Κατανομή μηκών αγωγών κατά υλικό και έτος τοποθέτησης (έτος βάσης 2005)

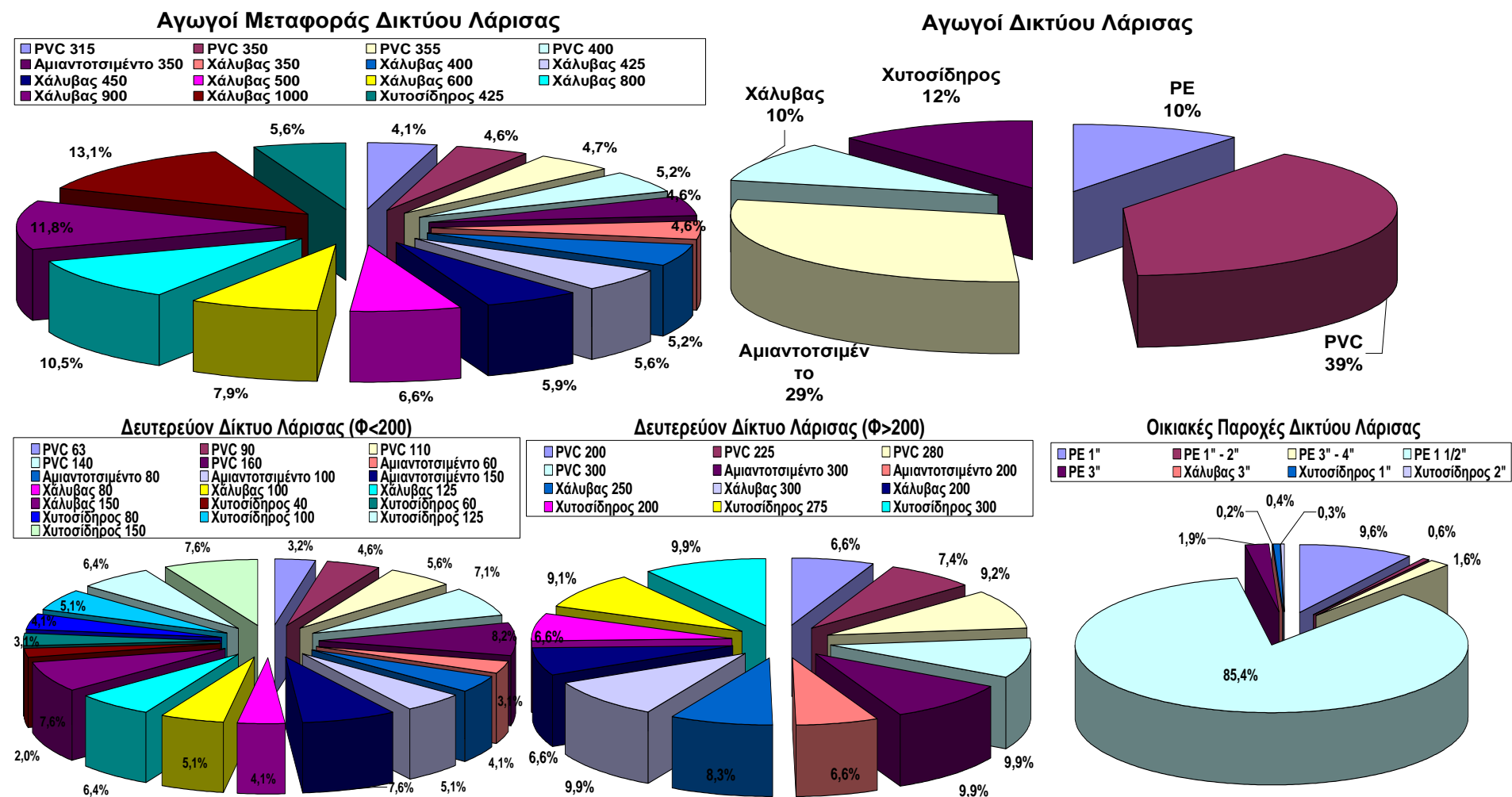
Υλικό Αγωγών	Μήκος (Κm)	% μήκους	Έτος τοποθέτησης
Χυτοσίδηρος	72.440	11,53	1940-1950
Χάλυβας	61.832	9,85	1990-
PVC	245.967	39,16	1990-
PE	63.524	10,11	1990-
Αμιαντοτσιμέντο	184.318	29,35	1940-1990
<b>Σύνολο</b>	<b>628.081</b>	<b>100,00</b>	

Από το 2000 έως και το 2005 η κατανομή των αγωγών φαίνεται στον Πίνακα Γ-3.5.

**Πίνακας Γ-3.5.** Κατανομή ανά υλικό αγωγών από το 2000 έως το 2005

Υλικό	Μήκος 2000	%	Μήκος 2002	%	Μήκος 2003	%	Μήκος 2004	%	Μήκος 2005	%
Χυτοσίδηρος	72.000	13,85	72.000	13,33	72.000	12,31	72.146	11,50	72.440	11,53
Αμιαντοτσιμέντο	200.000	38,46	200.000	37,04	200.000	34,19	187.577	29,91	184.318	29,35
Χάλυβας	45.000	8,65	48.000	8,89	53.000	9,06	60.000	9,57	61.832	9,85
PVC	203.000	39,04	220.000	40,74	260.000	44,44	307.481	49,02	309.491	49,27
<b>Σύνολο</b>	<b>520.000</b>	<b>100,00</b>	<b>540.000</b>	<b>100,00</b>	<b>585.000</b>	<b>100,00</b>	<b>627.204</b>	<b>100,00</b>	<b>628.081</b>	<b>100,00</b>





Σχήμα Γ-3.3. (α) Αγωγοί δικτύου, (β) αγωγοί μεταφοράς, (γ) δευτερεύον δίκτυο (Φ < 200), (δ) δευτερεύον δίκτυο (Φ > 200) και (ε) οικιακές παροχές για το δίκτυο της Λάρισας (ανά υλικό και διάμετρο – έτος αναφοράς 2005)

### Γ-3.4 Υδατικό ισοζύγιο

Το διεθνές υδατικό ισοζύγιο της IWA υπολογίστηκε για το δίκτυο της Λάρισας από το 2001 έως το 2006 (σχήμα Γ-3.4) με βάση τις παραδοχές που αναπτύχθηκαν στην παράγραφο Γ-1.3. Συγκεκριμένα οι παραδοχές αυτές αφορούν:

- Η τιμολογούμενη μετρούμενη κατανάλωση αφορά τον όγκο του νερού που καταγράφεται από τους υδρομετρητές των καταναλωτών
- Η μη-τιμολογούμενη μετρούμενη κατανάλωση αποτελεί στοιχείο της Δ.Ε.Υ.Α.Λ. αλλά για την μη-τιμολογούμενη μη-μετρούμενη κατανάλωση δεν υπάρχουν στοιχεία και γι' αυτό θεωρείται μηδενική
- Η μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση είναι το 1% του εισερχόμενου νερού στο δίκτυο
- Τα λάθη των μετρήτων/μετρήσεων είναι το 5% του εισερχόμενου νερού στο δίκτυο

ΔΙΕΘΝΕΣ ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΗΣ IWA ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΛΑΡΙΣΑΣ ΓΙΑ ΤΟ 2001 (m<sup>3</sup>/έτος)

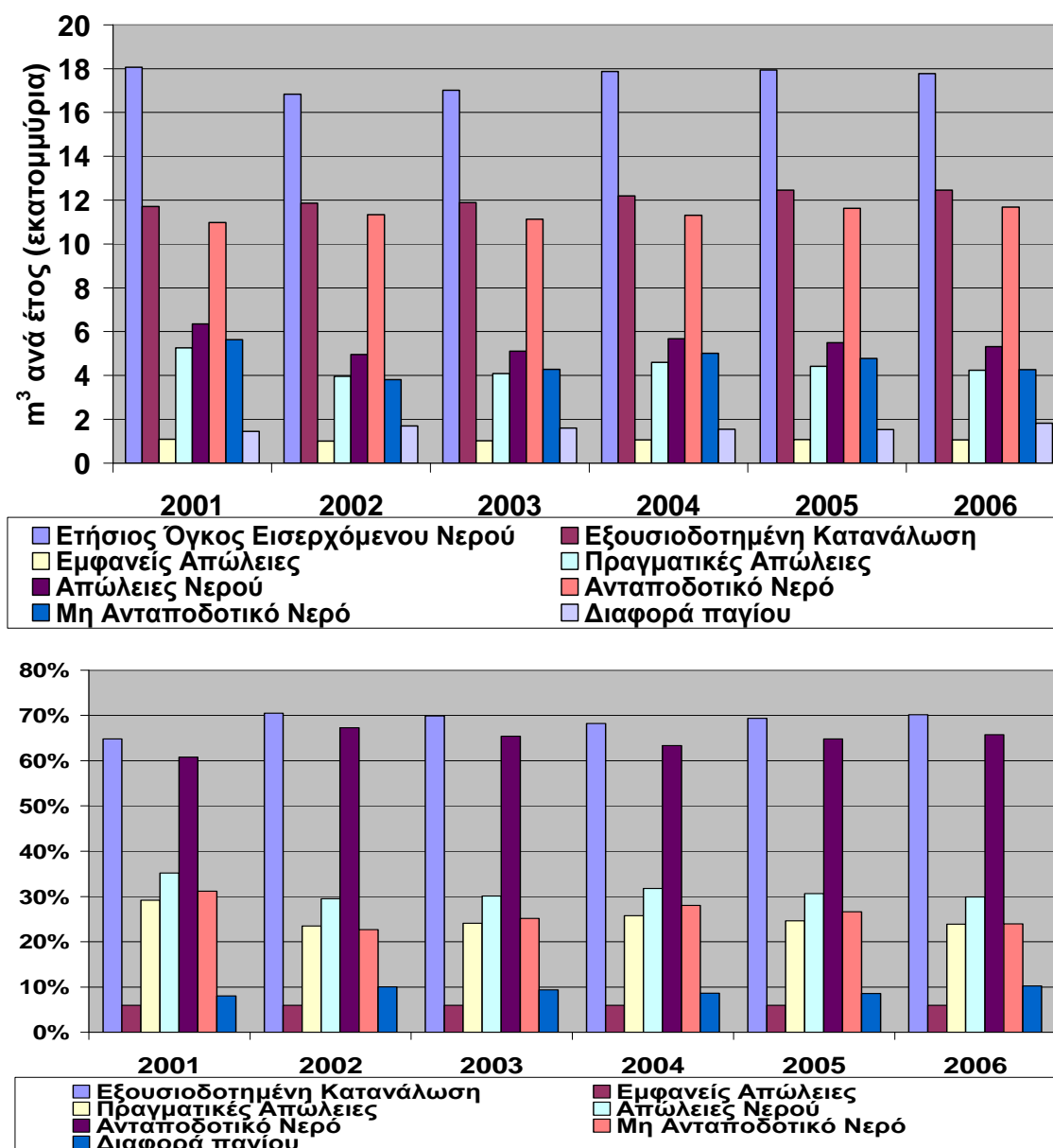
Ετήσιο Εισερχόμενο Νερό στο Δίκτυο	Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση 10.977.845	Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση 10.977.845	Νερό που αποδίδει έσοδα 10.977.845	
			Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση 0	Τιμολογούμενο χωρίς είσπραξη 0	
	11.705.246	Μη-Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση 727.401	Μη-Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση 727.401	Μη Ανταποδοτικό Νερό (NRW)  5.633.936	
			Μη-Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση 0		
	Απώλειες Νερού  6.354.416	Εμφανείς Απώλειες  1.083.580	Μη-Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση 180.597		Διαφορά παγίου 1.447.881
			Λάθη Μετρήτων / Μετρήσεων 902.983		
18.059.662		Πραγματικές Απώλειες  5.270.836			

ΔΙΕΘΝΕΣ ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΗΣ IWA ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΛΑΡΙΣΑΣ ΓΙΑ ΤΟ 2006 (m<sup>3</sup>/έτος)

Ετήσιο Εισερχόμενο Νερό στο Δίκτυο	Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση 11.687.062	Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση 11.687.062	Νερό που αποδίδει έσοδα 11.687.062	
			Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση 0	Τιμολογούμενο χωρίς είσπραξη 0	
	12.458.122	Μη-Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση 771.060	Μη-Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση 771.060	Μη Ανταποδοτικό Νερό (NRW)  4.262.540	
			Μη-Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση 0		
	Απώλειες Νερού  5.312.017	Εμφανείς Απώλειες  1.066.208	Μη-Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση 177.701		Διαφορά παγίου 1.820.537
			Λάθη Μετρήτων / Μετρήσεων 888.507		
17.770.139		Πραγματικές Απώλειες  4.245.809			

Σχήμα Γ-3.4. Το Υδατικό Ισοζύγιο της IWA για το δίκτυο της Λάρισας για τα έτη (α) 2001 και (β) 2006

Τα δεδομένα του δικτύου της Λάρισας (εισερχόμενο νερό, εξουσιοδοτημένη κατανάλωση, απώλειες νερού, πραγματικές απώλειες, νερό που αποδίδει έσοδα, μη-ανταποδοτικό νερό) παρουσιάζονται στο σχήμα Γ-3.5 για τα έτη 2001 ως 2006.



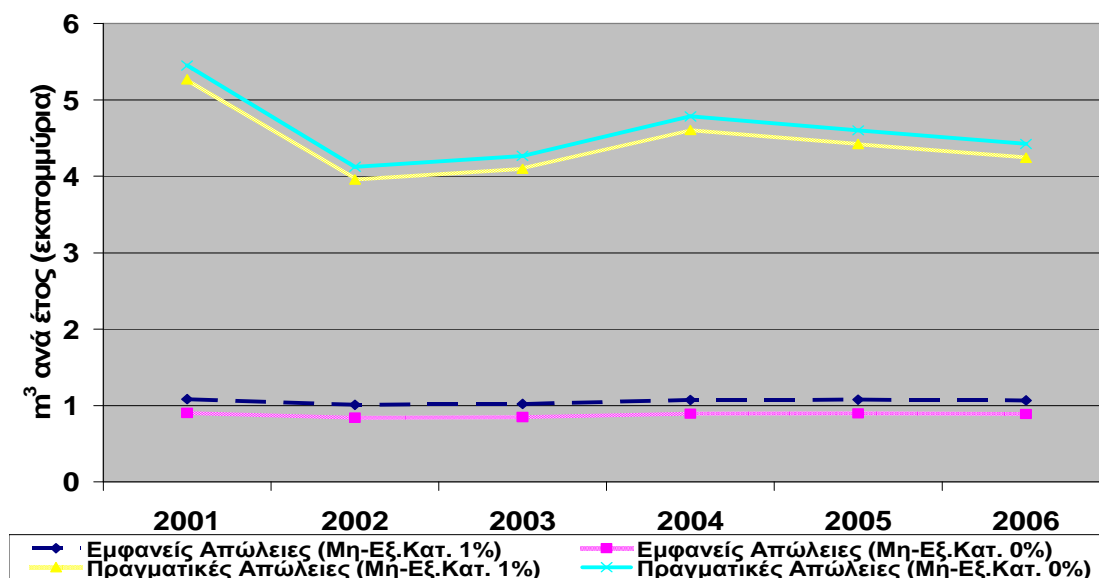
Σχήμα Γ-3.5. Δεδομένα υδατικού ισοζυγίου για την περίπτωση της Λάρισας 2001-2006 (α) σε m<sup>3</sup>/έτος και (β) σε % του εισερχόμενου όγκου του νερού

### Γ-3.5 Ανάλυση ευαισθησίας

#### Γ-3.5.1 Μη-Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση

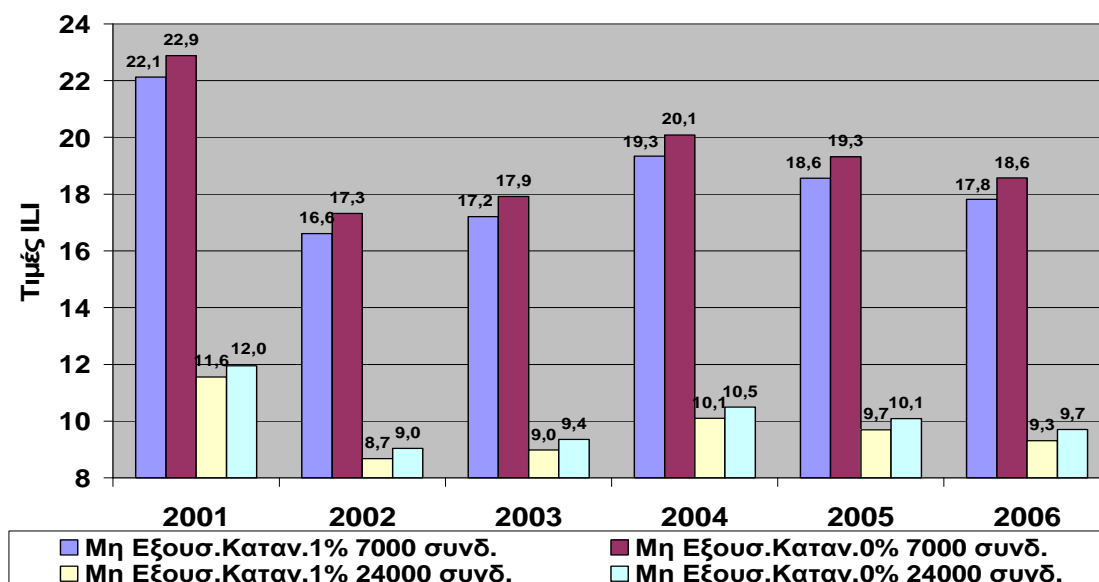
Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως λόγω έλλειψης στοιχείων από την Δ.Ε.Υ.Α.Λ. θεωρήθηκε ότι η μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση (παράνομες συνδέσεις, κλοπή κλπ.) αντιπροσωπεύει το 1% του ετήσιου εισερχόμενου νερού. Η επιχείρηση υποστηρίζει ότι δεν υπάρχει κλοπή ή παράνομες συνδέσεις και γι' αυτό θεωρούμε ότι η μη-εξουσιοδοτημένη

κατανάλωση είναι μηδενική. Τότε το ποσό των εμφανών και πραγματικών απωλειών διαφοροποιείται όπως φαίνεται στο σχήμα Γ-3.6.



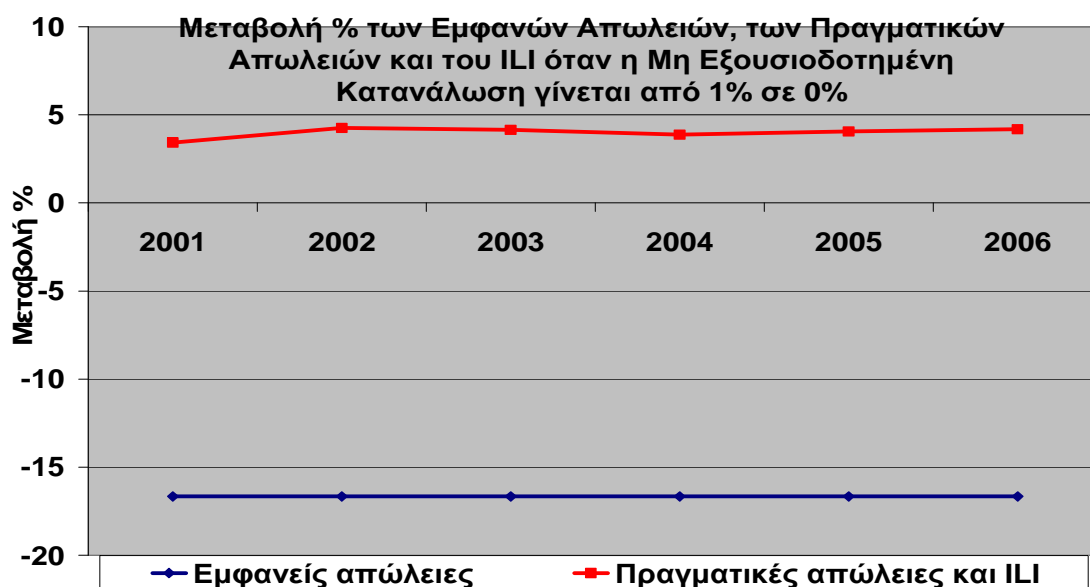
Σχήμα Γ-3.6. Μεταβολή των Εμφανών και Πραγματικών Απωλειών όταν η μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση από 1% του ετήσιου εισερχόμενου νερού γίνεται 0%

Αντίστοιχα μεταβάλλεται ο ΙΛΙ αφού οι πραγματικές απώλειες αλλάζουν. Στο σχήμα Γ-3.7 φαίνεται η μεταβολή του ΙΛΙ για αριθμό συνδέσεων 7.000 και 24.000. Ο ΙΛΙ αυξάνεται όταν μειώνεται το ποσοστό της μη εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης.



Σχήμα Γ-3.7. Μεταβολή του ΙΛΙ όταν η μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση από 1% του ετήσιου εισερχόμενου νερού γίνεται 0% για 7.000 και 24.000 συνδέσεις

Η ποσοστιαία μεταβολή της μη-εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης από 0% σε 1% μεταβάλλει τις εμφανείς απώλειες, τις πραγματικές απώλειες και τον ΙΛΙ όπως φαίνεται στο σχήμα Γ-3.8 σε ποσοστιαία μεταβολή. Στον πίνακα Γ-3.6 παρουσιάζονται οι μέγιστες και οι ελάχιστες ποσοστιαίες μεταβολές των δεικτών απόδοσης από την ποσοστιαία μεταβολή της μη-εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης. Οι Εμφανείς Απώλειες παρουσιάζουν την ίδια ποσοστιαία μεταβολή σε όλα τα έτη. Όπως προαναφέρθηκε οι Εμφανείς Απώλειες μειώνονται όταν η Μη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση από 1% του εισερχόμενου νερού γίνεται 0% γι' αυτό και η μεταβολή είναι αρνητική. Αντίθετα οι Πραγματικές Απώλειες και ο ΙΛΙ αυξάνονται. Ο ΙΛΙ παρουσιάζει την ίδια ποσοστιαία μεταβολή ανεξάρτητα από τον αριθμό των συνδέσεων. Εξαρτάται μόνο από το έτος και είναι ίδια με την ποσοστιαία μεταβολή των Πραγματικών Απωλειών (πίνακας Γ-3.6).



Σχήμα Γ-3.8. Ποσοστιαία μεταβολή των Εμφανών Απωλειών, των Πραγματικών Απωλειών και του ΙΛΙ όταν η μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση από 1% του ετήσιου εισερχόμενου νερού γίνεται 0%

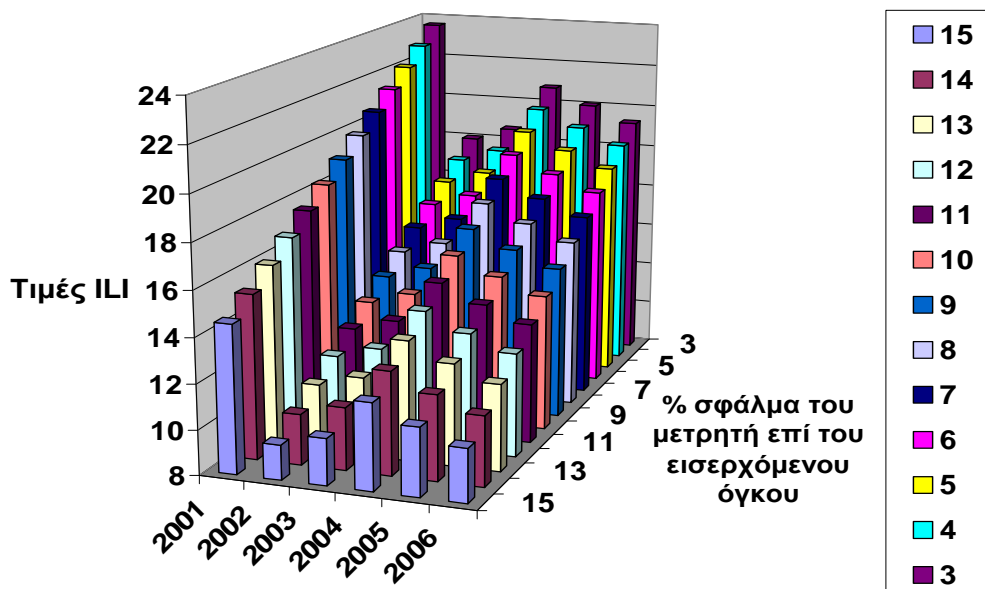
Πίνακας Γ-3.6. Μέγιστες και ελάχιστες τιμές των ποσοστιαίων μεταβολών των δεικτών απόδοσης

	Εμφανείς Απώλειες	Πραγματικές Απώλειες	ΙΛΙ
Min	-16,67	3,43	3,43
Max	-16,67	4,25	4,25

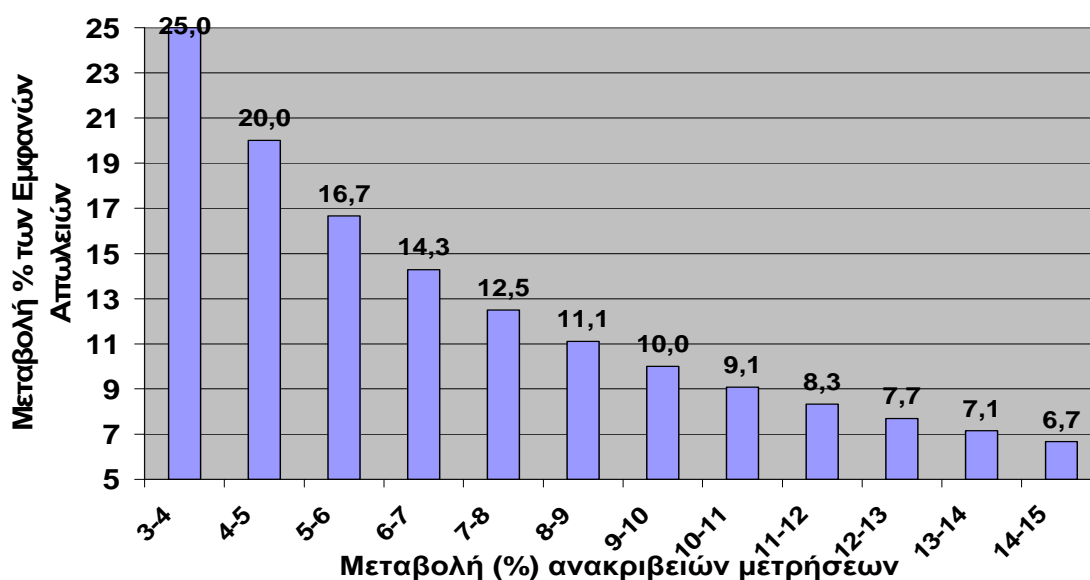
### Γ-3.5.2 Λάθη Μετρητών / Μετρήσεων

Η Δ.Ε.Υ.Α.Λ. δεν διατηρεί στοιχεία σφαλμάτων μετρητών και μετρήσεων είτε αυτά έγιναν κατά την καταγραφή των μετρήσεων είτε κατά την ηλεκτρολόγηση στο γραφείο. Γι' αυτό γίνεται η παραδοχή ότι τα λάθη μετρητών / μετρήσεων είναι το 5% του εισερχόμενου νερού όπως εξηγήθηκε και στην παράγραφο Γ-1.3 όπου αναλύθηκαν οι παραδοχές που γίνονται. Γι' αυτό έγινε ανάλυση ευαισθησίας θεωρώντας τα λάθη των μετρητών να ανέρχονται από 3% έως 15% του εισερχόμενου νερού στο δίκτυο. Τα αποτελέσματα είναι οι

εμφανείς απώλειες να αυξάνονται όπως αυξάνονται τα λάθη των μετρητών, ενώ οι πραγματικές απώλειες να μειώνονται κατά το ποσοστό της αύξησης των λαθών των μετρητών και των μετρήσεων. Επίσης οι τιμές του ILI μεταβάλλονται αφού οι πραγματικές απώλειες μεταβάλλονται (σχήμα Γ-3.9). Ο ILI αυξάνει καθώς το σφάλμα του μετρητή μειώνεται.



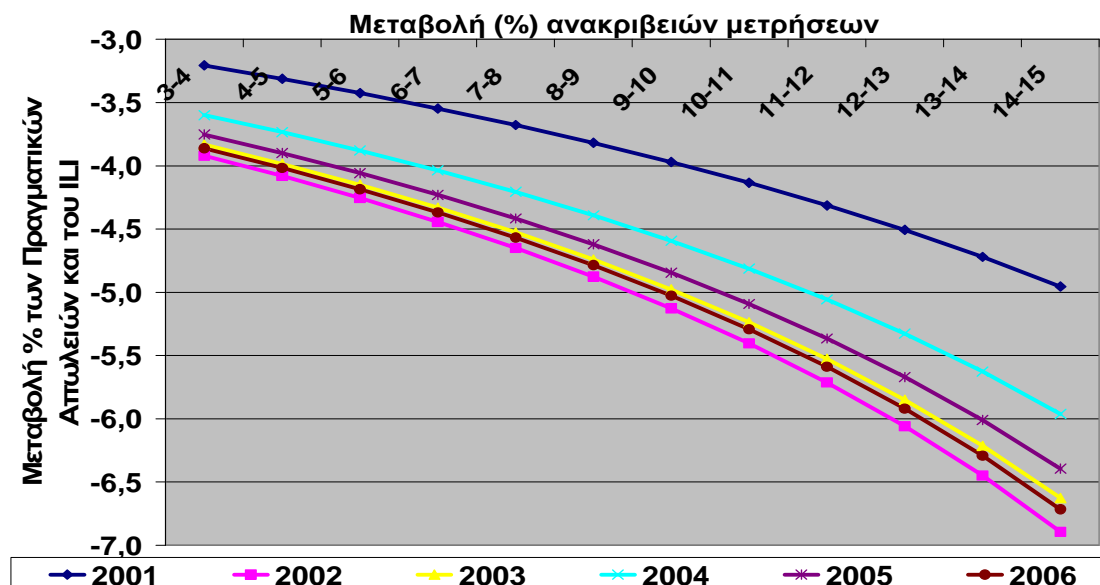
Σχήμα Γ-3.9. Μεταβολή του ILI για σφάλματα μετρητών από 3-15% του εισερχόμενου όγκου του νερού για 7.000 συνδέσεις



Σχήμα Γ-3.10. Ποσοστιαία μεταβολή των εμφανών απωλειών για κάθε ποσοστιαία μεταβολή των ανακρίβειών των μετρήσεων

Στο σχήμα Γ-3.10 παρουσιάζονται οι ποσοστιαίες μεταβολές των εμφανών απωλειών και στο σχήμα Γ-3.11 των πραγματικών απωλειών και του ILI για ποσοστιαία μεταβολή των

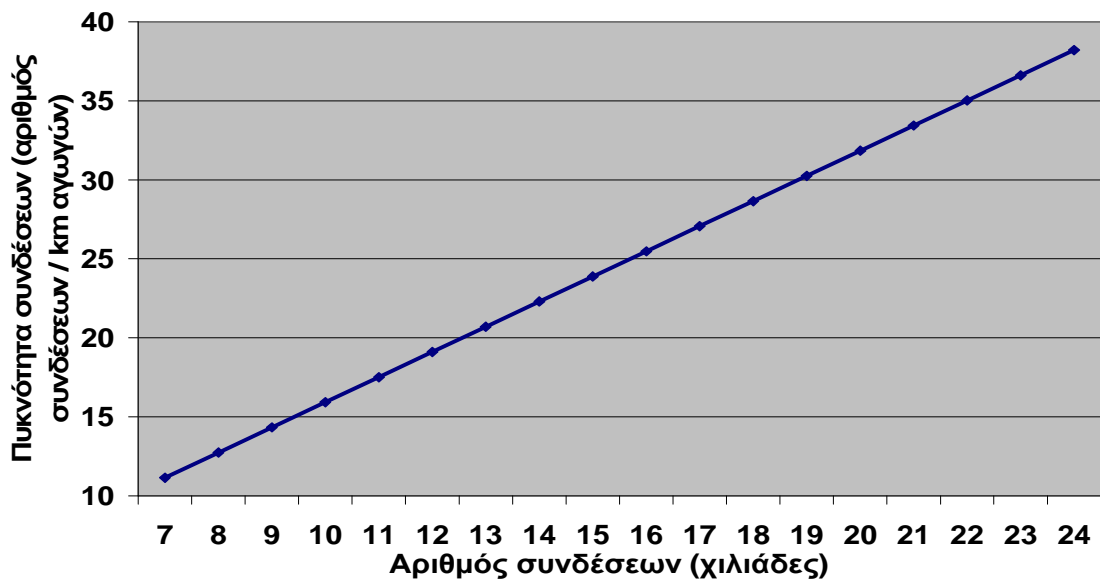
σφαλμάτων των μετρητών από 3-15% του εισερχόμενου όγκου του νερού. Την μεγαλύτερη μεταβολή την παρουσιάζουν οι εμφανείς απώλειες για την διαφορά μεταξύ 3% και 4%. Όσο μεγαλώνει το ποσοστό των σφαλμάτων των μετρητών τόσο μικραίνει η ποσοστιαία μεταβολή των εμφανών απωλειών. Οι πραγματικές απώλειες και ο ΙΛΙ μικραίνουν όσο αυξάνουν τα σφάλματα των μετρητών όπως φαίνεται και στο σχήμα Γ-3.11. Παρουσιάζουν την ίδια ποσοστιαία μεταβολή ανεξάρτητα από τον αριθμό των συνδέσεων αλλά διαφορετική για κάθε έτος. Οι μεγαλύτερες ποσοστιαίες μεταβολές παρουσιάζονται το 2002 και οι μικρότερες το 2001. Αντίθετα με τις εμφανείς απώλειες, οι μεταβολές των πραγματικών απωλειών και του ΙΛΙ μεγαλώνουν όσο αυξάνεται το ποσοστό των σφαλμάτων των μετρητών (σχήμα Γ-3.11).



Σχήμα Γ-3.11. Ποσοστιαία μεταβολή των πραγματικών απωλειών και του ΙΛΙ για κάθε ποσοστιαία μεταβολή των ανακριβειών των μετρήσεων

### Γ-3.5.3 Αριθμός συνδέσεων

Ο αριθμός των συνδέσεων είναι άγνωστος για τις περισσότερες Δ.Ε.Υ.Α. της χώρας. Για την περίπτωση της Λάρισας είναι γνωστό ότι υπάρχουν 72.000 μετρητές. Η πόλη είναι δομημένη διαφορετικά στο κέντρο όπου υπάρχουν συγκροτήματα πολυκατοικιών και διαφορετικά στις συνοικίες όπου τα κτίρια είναι μονοκατοικίες ή διώροφα, με αποτέλεσμα μία σύνδεση να τροφοδοτεί πολλούς μετρητές ή και λίγους. Η πληροφόρηση από την Δ.Ε.Υ.Α.Λ. ήταν ότι μία σύνδεση μπορεί να τροφοδοτεί και δύο ή τρεις οικοδομές. Επομένως χρειάζεται ανάλυση ευαισθησίας σχετικά με τον αριθμό των συνδέσεων. Θεωρήθηκε ότι ο αριθμός των συνδέσεων θα μπορούσε να είναι μεταξύ 7.000 και 24.000 συνδέσεων που αντιπροσωπεύει από 9,7% έως 33,3% των συνολικών μετρητών. Η πυκνότητα των συνδέσεων επηρεάζεται έχοντας σαν αποτέλεσμα την επιλογή διαφορετικού δείκτη (σχήμα Γ-3.12). Η πυκνότητα των συνδέσεων γίνεται μεγαλύτερη από 20 συνδέσεις/km αγωγών για 12.560 συνδέσεις.



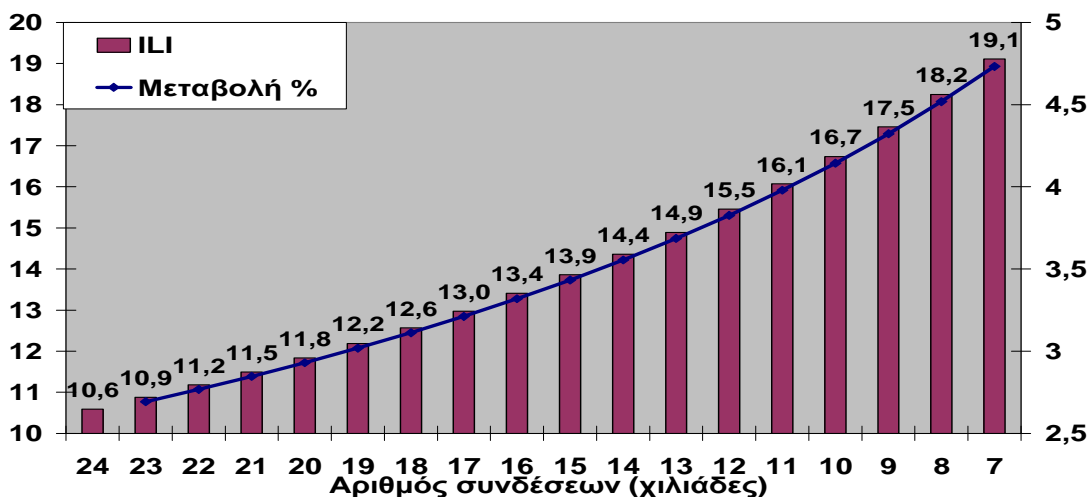
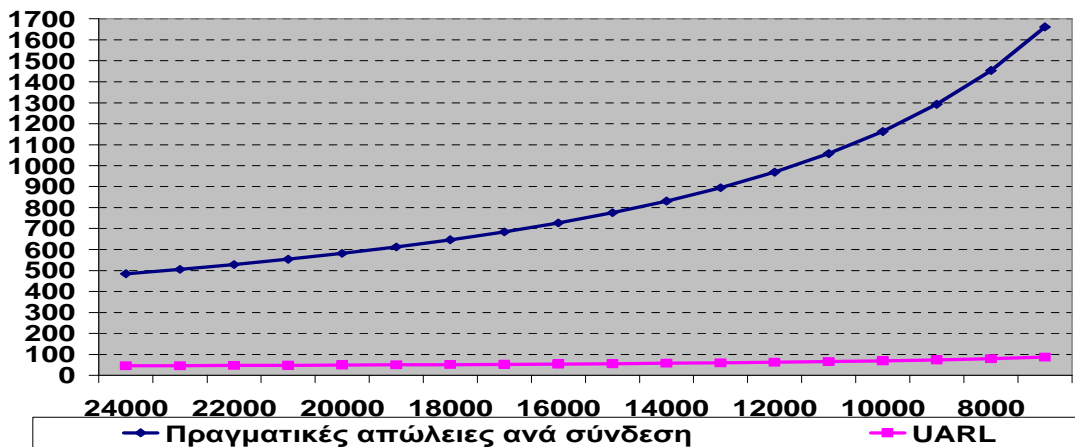
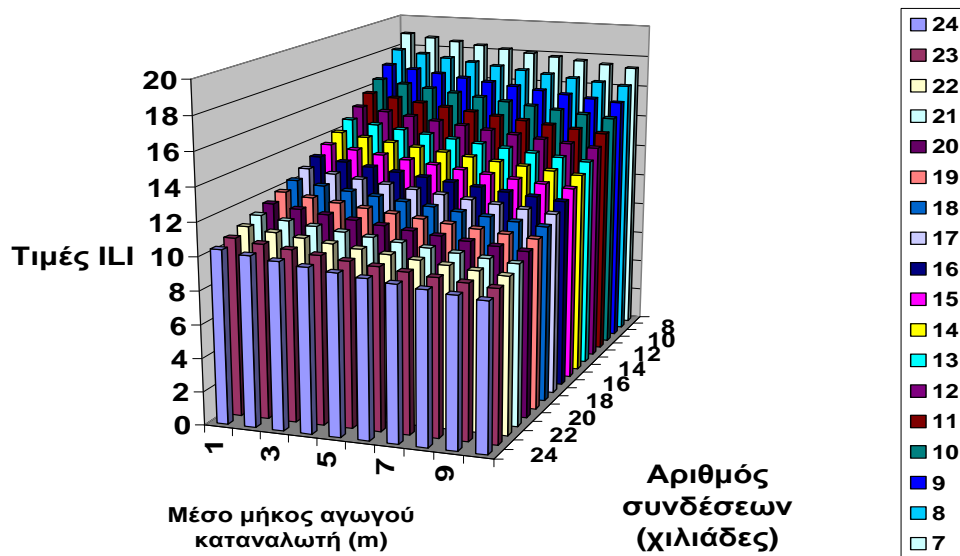
Σχήμα Γ-3.12. Μεταβολή της πυκνότητας συνδέσεων με τον αριθμό συνδέσεων

#### Γ-3.5.4 Infrastructure Leakage Index (ILI)

Για τον υπολογισμό του ILI πρέπει να υπολογιστεί το UARL δηλαδή οι αναπόφευκτες απώλειες. Ο τύπος που υπολογίζει το UARL δίνεται στο κεφάλαιο Β-4.4 (τύπος 4.1). Είναι προφανές ότι το UARL εξαρτάται από τον αριθμό των συνδέσεων, το μήκος της σύνδεσης και τη μέση πίεση.

Το μήκος της σύνδεσης επίσης εξαρτάται από την τοποθεσία και την παλαιότητα των οικοδομών. Έχει επιλεγεί μέσο μήκος σύνδεσης 7m. Από την ανάλυση ευαισθησίας προέκυψε ότι εάν το μήκος σύνδεσης κυμαίνεται από 1 έως 10m δεν επηρεάζει ιδιαίτερα την τιμή του ILI (σχήμα Γ-3.13). Παρατηρείται μια μικρή μείωση των τιμών του ILI όσο μεγαλώνει το μέσο μήκος του αγωγού σύνδεσης από το όριο της ιδιοκτησίας μέχρι τον μετρητή του καταναλωτή.





Σχήμα Γ-3.13. (α) Μεταβολή των τιμών του ILI ανάλογα για μέσο μήκος αγωγού σύνδεσης από 1-10m και για 7.000-24.000 συνδέσεις (2006), (β) Πραγματικές Απώλειες και UARL ανά σύνδεση και (γ) ILI και % μεταβολή για διαφορετικό αριθμό συνδέσεων

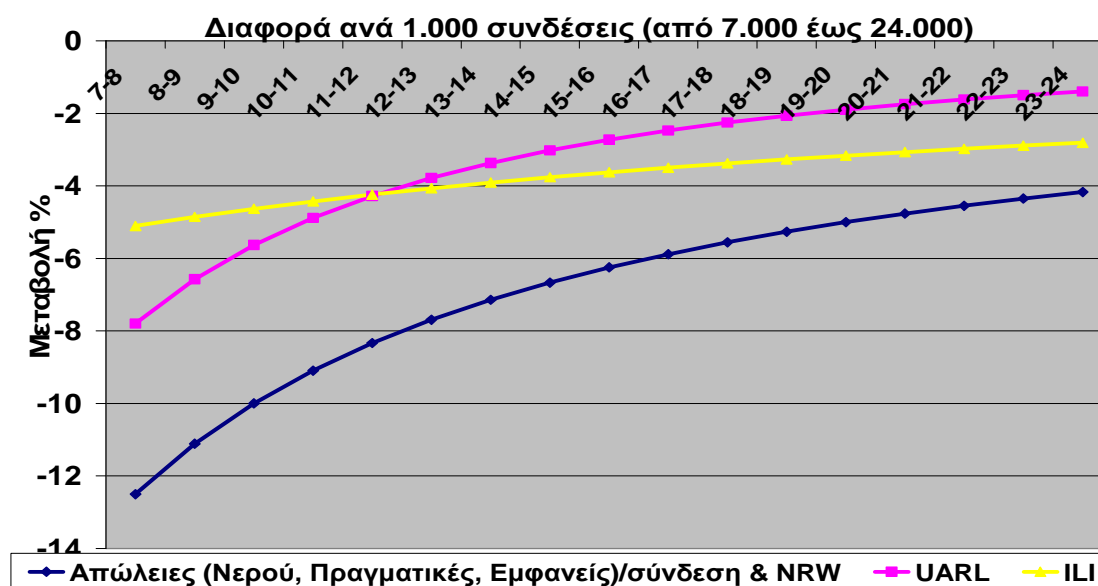
Θεωρήθηκε επίσης μέση πίεση λειτουργίας 36m αφού η πόλη πλέον υδροδοτείται σε 4 ζώνες πίεσης όπως φαίνονται στον πίνακα Γ-3.7.

**Πίνακας Γ-3.7.** Πίεση λειτουργίας ανά ζώνη

Ζώνη	Αμπελόκηποι	Νέα Σμύρνη	Αγία Παρασκευή	Μεζούρλο
Πίεση λειτουργίας (m)	31	33-36	41-57	36

Στο σχήμα Γ-3.13 φαίνονται οι Πραγματικές Απώλειες ανά σύνδεση και το UARL για διαφορετικό αριθμό συνδέσεων καθώς επίσης ο ILI και η % μεταβολή του για διαφορετικό αριθμό συνδέσεων.

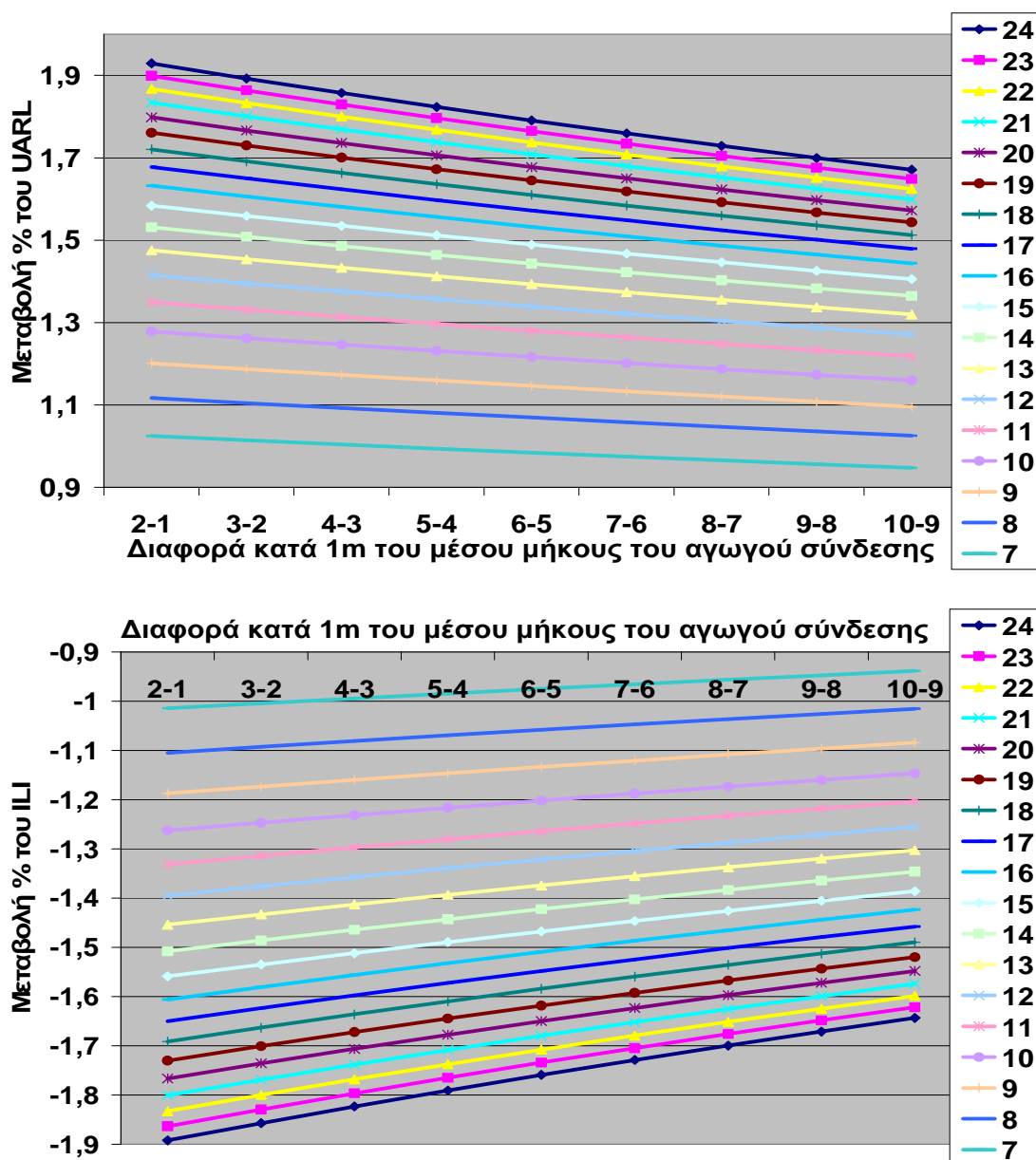
Στο σχήμα Γ-3.14 παρουσιάζονται οι ποσοστιαίες μεταβολές των απωλειών νερού ανά σύνδεση, των πραγματικών απωλειών ανά σύνδεση, των εμφανών απωλειών ανά σύνδεση, του NRW (lt/σύνδεση/έτος), των UARL και του ILI. Όλα τα είδη των απωλειών ανά σύνδεση (νερού, πραγματικές, εμφανείς) και το NRW παρουσιάζουν τις ίδιες ποσοστιαίες μεταβολές για μεταβολή αριθμού συνδέσεων ανά 1.000 συνδέσεις. Οι τιμές όλων των δεικτών μικραίνουν όσο αυξάνεται ο αριθμός των συνδέσεων γι' αυτό και οι διαφορές τους είναι αρνητικές. Οι μεγαλύτερες όμως διαφορές παρατηρούνται σε μικρούς αριθμούς συνδέσεων και μειώνονται όσο αυξάνεται ο αριθμός των συνδέσεων. Την μεγαλύτερη διακύμανση την παρουσιάζουν οι μεταβολές των απωλειών ανά σύνδεση (από -12,5 έως -4,17%). Οι UARL έχουν μικρότερη διακύμανση από -7,79% έως -1,39% ενώ ο ILI παρουσιάζει ακόμη μικρότερη διακύμανση (από -5,1 έως -2,8%).



**Σχήμα Γ-3.14.** Ποσοστιαία μεταβολή των δεικτών απόδοσης ανά 1.000 συνδέσεις

Στο σχήμα Γ-3.15 παρουσιάζονται οι ποσοστιαίες μεταβολές των UARL και του ILI για μεταβολή κατά 1m του μέσου μήκους του αγωγού σύνδεσης για αριθμό συνδέσεων από 7.000 έως 24.000. Οι ποσοστιαίες μεταβολές των UARL είναι μεγαλύτερες σε μικρότερα μέσα μήκη αγωγών σύνδεσης και μειώνονται σταδιακά. Οι UARL αυξάνονται όσο αυξάνεται το μέσο μήκος του αγωγού σύνδεσης ενώ ο ILI μειώνεται. Γι' αυτό οι ποσοστιαίες μεταβολές

του ILI είναι αρνητικές. Μεγάλες ποσοστιαίες μεταβολές παρατηρούνται σε μικρά μήκη αγωγών σύνδεσης (σχήμα Γ-3.15).



Σχήμα Γ-3.15. Ποσοστιαία μεταβολή (α) των UARL και (β) του ILI ανά 1m μέσο μήκος αγωγού σύνδεσης

### Γ-3.6 Δείκτες Απόδοσης - Απώλειες Νερού

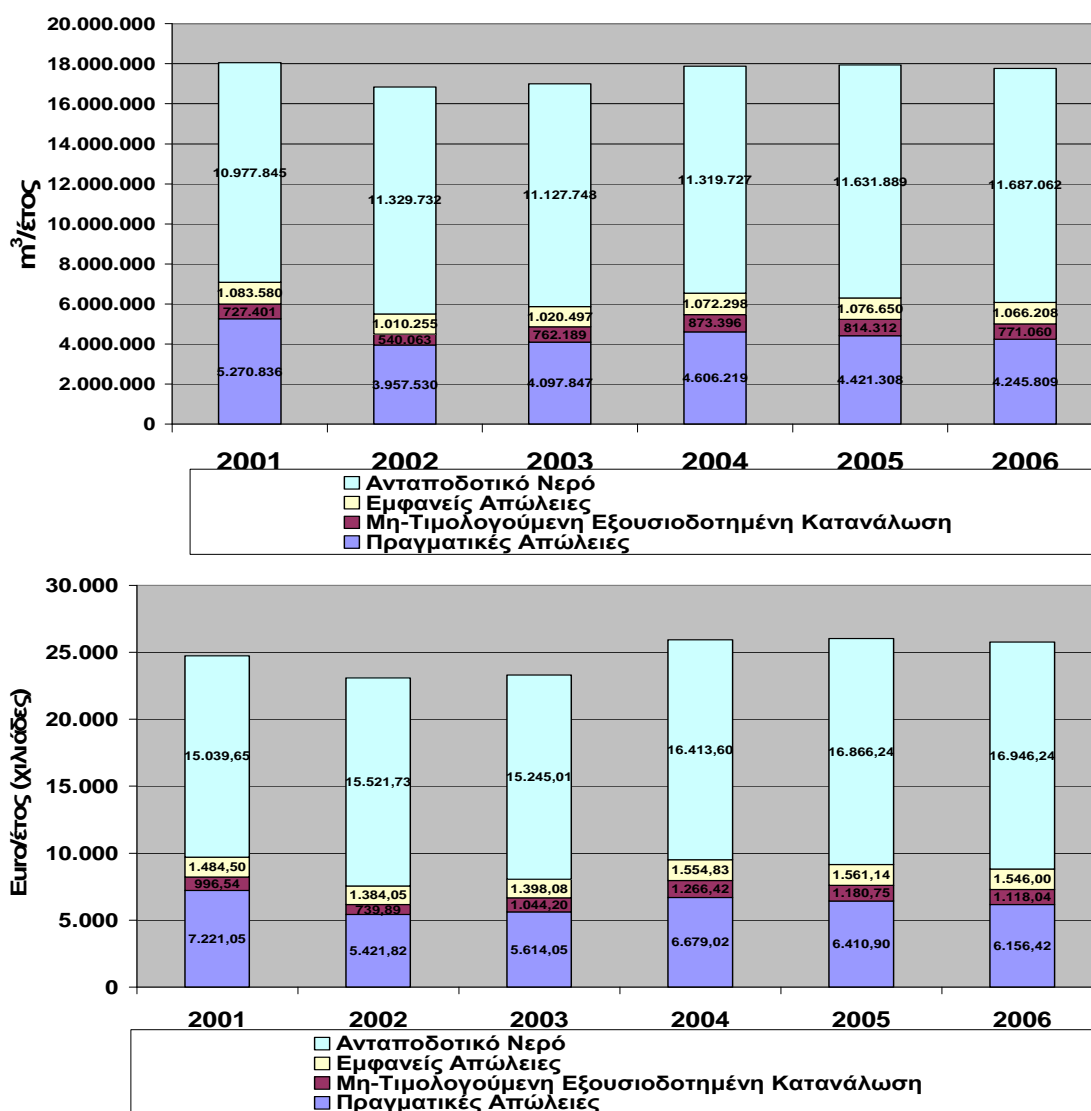
Οι απώλειες νερού μετρούνται σε όγκο απωλειών νερού ( $m^3$ /εξάμηνο) και σε αξία απωλειών νερού (€εξάμηνο). Αυτοί οι δείκτες φαίνονται στο σχήμα Γ-3.16. Οι απώλειες νερού μετρούνται επίσης ανά σύνδεση (Op23) για διαφορετικό αριθμό συνδέσεων (σχήμα Γ-3.17) και ανά μήκος αγωγών (Op24) (αν και ο δείκτης Op24 προσφέρεται όταν η πυκνότητα των συνδέσεων είναι μικρότερη των 20 συνδέσεων ανά km αγωγών) (σχήμα Γ-3.18). Η μέση

τιμή χρέωσης του νερού λαμβάνεται υπόψη για τον υπολογισμό της αξίας των απωλειών νερού. Η μέση τιμή χρέωσης για την περίπτωση της Λάρισας φαίνεται στον πίνακα Γ-3.8.

**Πίνακας Γ-3.8.** Μέση τιμή πώλησης νερού για την περίπτωση της Λάρισας

Έτος	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Μέση τιμή πώλησης νερού (Euro/m <sup>3</sup> )	1,37	1,37	1,37	1,45	1,45	1,45

Από το σχήμα Γ-3.16 φαίνεται ότι ο όγκος των απωλειών νερού παρουσιάζει αυξομειώσεις με τάση μείωσης μετά το 2004. Η μεγαλύτερη τιμή του όγκου των απωλειών παρουσιάζεται το 2001 (6.354.416 m<sup>3</sup>/έτος) και η μικρότερη το 2002 (4.967.785 m<sup>3</sup>/έτος). Για τις Πραγματικές Απώλειες η μεγαλύτερη τιμή τους είναι 5.270.836 m<sup>3</sup>/έτος για το 2001 και η μικρότερη είναι 3.957.530 m<sup>3</sup>/έτος για το 2002. Ο όγκος του νερού που αποδίδει έσοδα παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή του το 2006 και είναι 11.687.062 m<sup>3</sup>/έτος και τη μικρότερη τιμή του το 2001 και είναι 10.977.845 m<sup>3</sup>/έτος (σχήμα Γ-3.16).

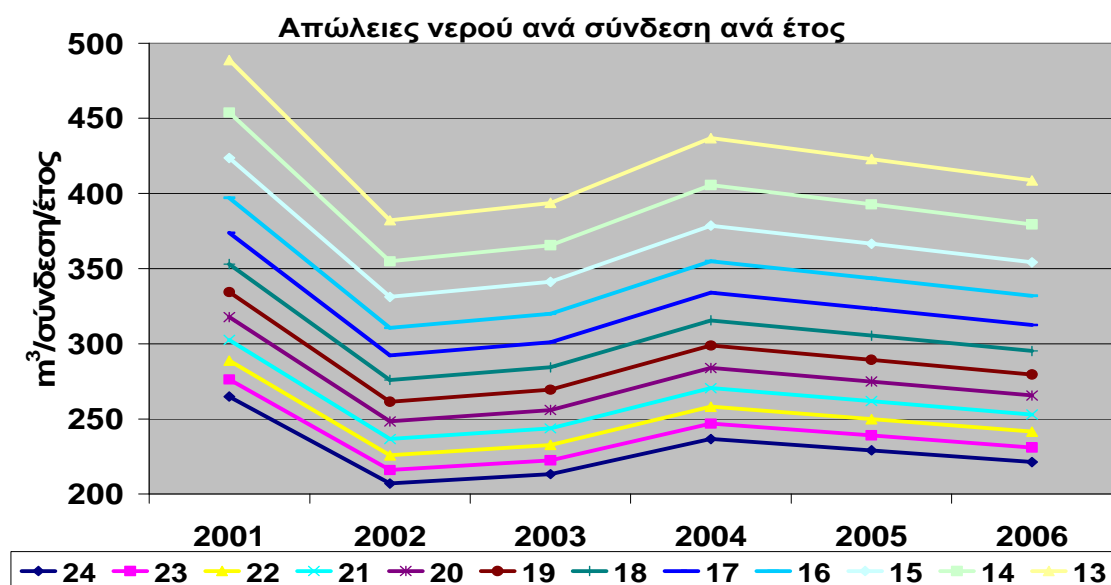


**Σχήμα Γ-3.16.** (α) Όγκος απωλειών νερού ανά έτος και (β) αξία απωλειών νερού ανά έτος για την Δ.Ε.Υ.Α.Λ.

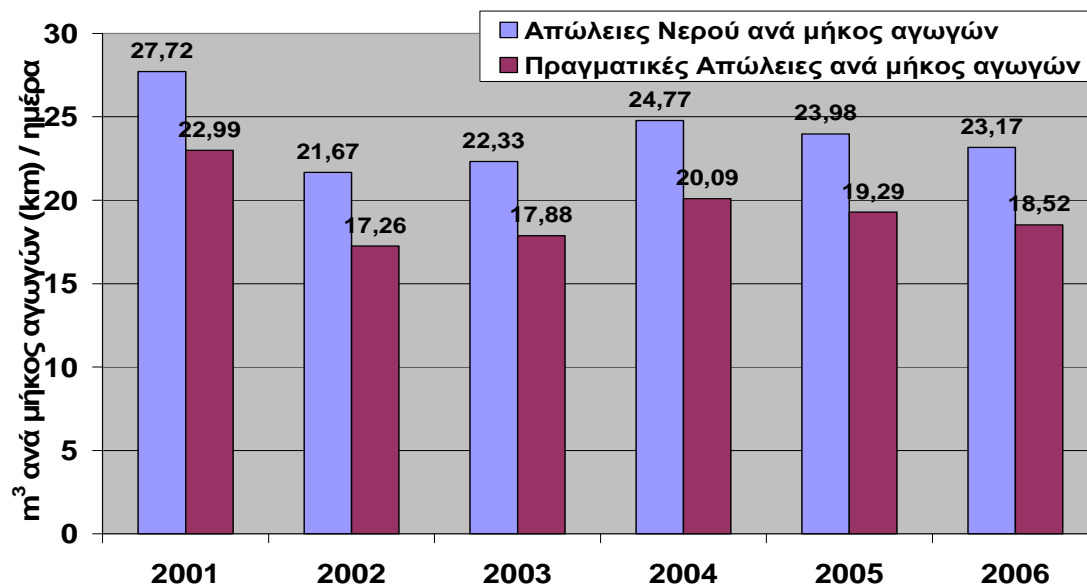
Η αξία των απωλειών του νερού υπολογίστηκε πολλαπλασιάζοντας τον όγκο των απωλειών με την μέση τιμή χρέωσης του νερού (πίνακας Γ-3.8). Η μεγαλύτερη τιμή της αξίας των απωλειών νερού παρουσιάστηκε το 2001 (8.705,55 χιλιάδες €έτος) και η μικρότερη το 2002 (6.805,87 χιλιάδες €έτος). Η αξία των πραγματικών απωλειών παίρνει τη μεγαλύτερη τιμή της το 2001 και είναι 7.221,05 χιλιάδες €έτος και την μικρότερη τιμή της το 2002 και είναι 5.421,82 χιλιάδες €έτος, όπως και ο όγκος των πραγματικών απωλειών. Η αξία του νερού που αποδίδει έσοδα στην Δ.Ε.Υ.Α.Λ. παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή της το 2006 και είναι 16.946,24 χιλιάδες €έτος και τη μικρότερη το 2001 και είναι 15.039,65 χιλιάδες €έτος (σχήμα Γ-3.16).

Οι απώλειες νερού ανά σύνδεση ανά ημέρα μειώνονται όσο αυξάνεται ο αριθμός των συνδέσεων. Παρατηρείται μία μέγιστη τιμή το 2001 και μία ελάχιστη τιμή το 2002 για οποιοδήποτε αριθμό συνδέσεων, τάση που παρουσίασε και ο όγκος των απωλειών νερού (σχήμα Γ-3.17).

Οι απώλειες νερού και οι πραγματικές απώλειες ανά μήκος αγωγών φαίνονται στο σχήμα Γ-3.18. Οι μέγιστες τιμές των απωλειών νερού και των πραγματικών απωλειών ανά μήκος αγωγών παρατηρούνται το 2001 και είναι αντίστοιχα 27,72 και 22,99 m<sup>3</sup>/km/έτος, ενώ οι ελάχιστες τιμές παρατηρούνται το 2002 και είναι αντίστοιχα 21,67 και 17,26 m<sup>3</sup>/km/έτος.

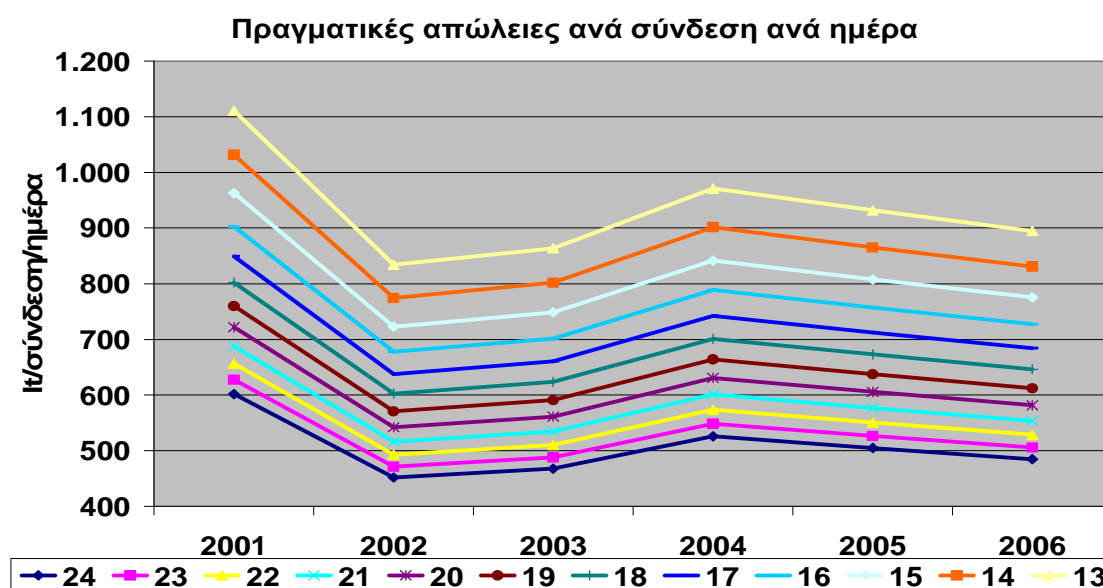


Σχήμα Γ-3.17. Απώλειες νερού ανά σύνδεση ανά έτος για την Δ.Ε.Υ.Α.Λ.



Σχήμα Γ-3.18. Απώλειες νερού και Πραγματικές απώλειες ανά μήκος αγωγών ανά ημέρα

Στο σχήμα Γ-3.19 παρουσιάζονται οι πραγματικές απώλειες ανά σύνδεση ανά ημέρα. Παρουσιάζουν μέγιστες τιμές το 2001 και ελάχιστες τιμές το 2002 όπως και ο αντίστοιχος δείκτης των πραγματικών απωλειών ανά μήκος αγωγών.



Σχήμα Γ-3.19. Πραγματικές απώλειες ανά σύνδεση ανά ημέρα

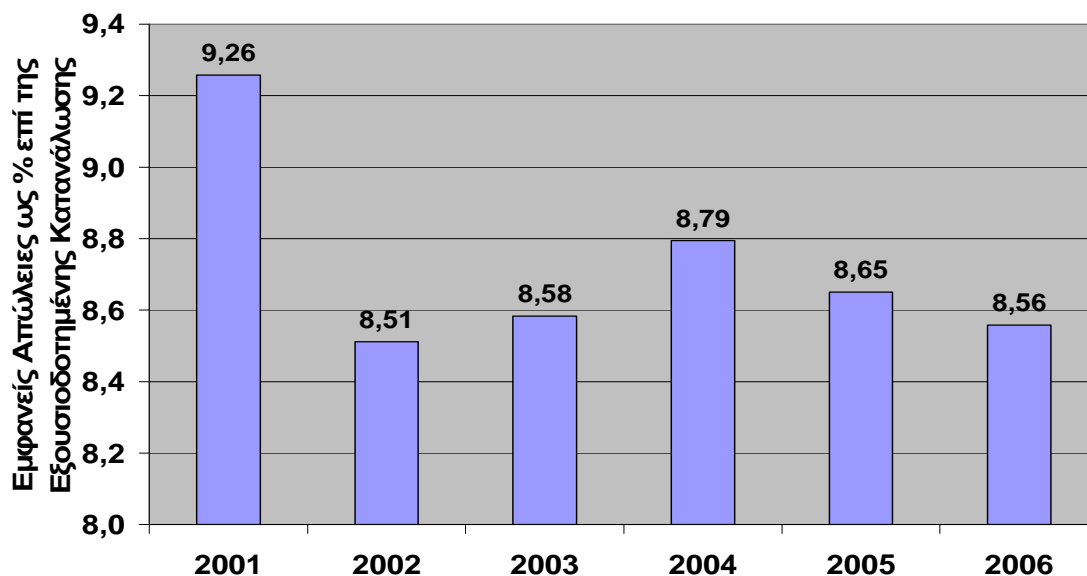
### Γ-3.7 Δείκτες Απόδοσης - Εμφανείς Απώλειες

Ένας δείκτης των εμφανών απωλειών είναι οι εμφανείς απώλειες ανά όγκο εισερχόμενου νερού στο δίκτυο (Op26), ο οποίος όμως χρησιμοποιείται σε συστήματα που η πυκνότητα των συνδέσεων είναι μικρότερη από 20 συνδέσεις ανά km αγωγών.

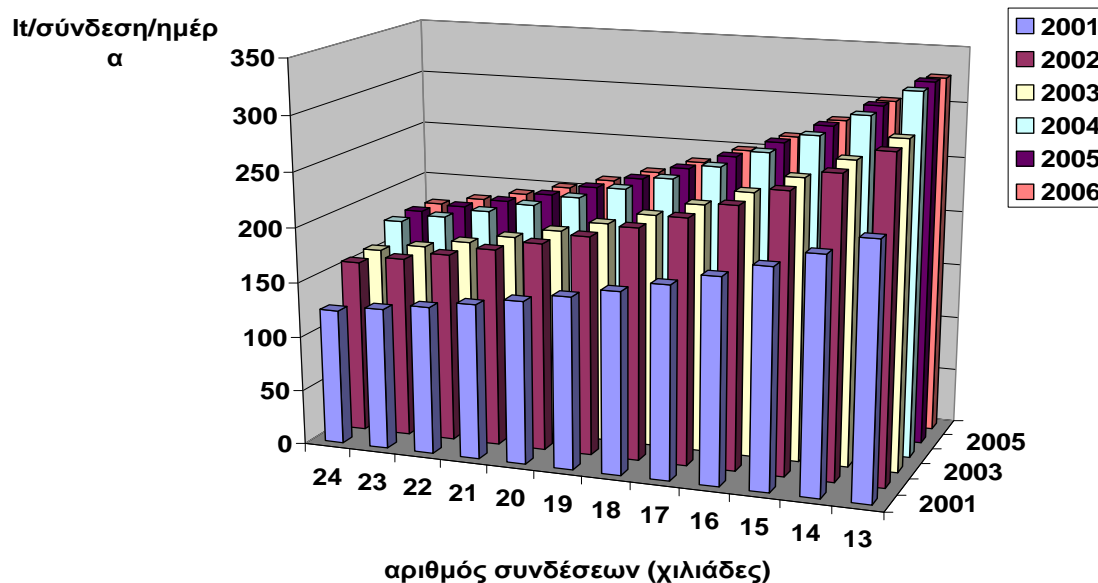
Στην συγκεκριμένη περίπτωση ο λόγος των εμφανών απωλειών προς τον όγκο του εισερχόμενου νερού είναι σταθερός αφού οι εμφανείς απώλειες προκύπτουν σαν ποσοστό του εισερχόμενου νερού (1% και 5% είναι οι απώλειες των παράνομων συνδέσεων και των λαθών των μετρητών αντίστοιχα). Επομένως επιλέχθηκαν οι δείκτες των εμφανών απωλειών σαν % της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης (σχήμα Γ-3.20) και οι εμφανείς απώλειες σε lt/σύνδεση/ημέρα για αριθμό συνδέσεων από 13.000 έως 24.000 (σχήμα Γ-3.21).

Από τα σχήματα Γ-3.20 και Γ-3.21 προκύπτουν οι εμφανείς απώλειες ως % της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης (σχήμα Γ-3.20) και σε lt/σύνδεση/ημέρα (σχήμα Γ-3.21) για εύρος συνδέσεων από 13.000 έως 24.000 συνδέσεις.

Οι εμφανείς απώλειες ως % της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης παρουσιάζουν τη μέγιστη τιμή τους το 2001 που είναι 9,26% και την ελάχιστη το 2002 και είναι 8,51%. Οι εμφανείς απώλειες όταν εκφράζονται σε lt/σύνδεση/ημέρα παρουσιάζουν τις μέγιστες τιμές τους το 2005 και τις ελάχιστες το 2001. Όσο αυξάνεται ο αριθμός των συνδέσεων τόσο μικραίνει ο δείκτης των εμφανών απωλειών.



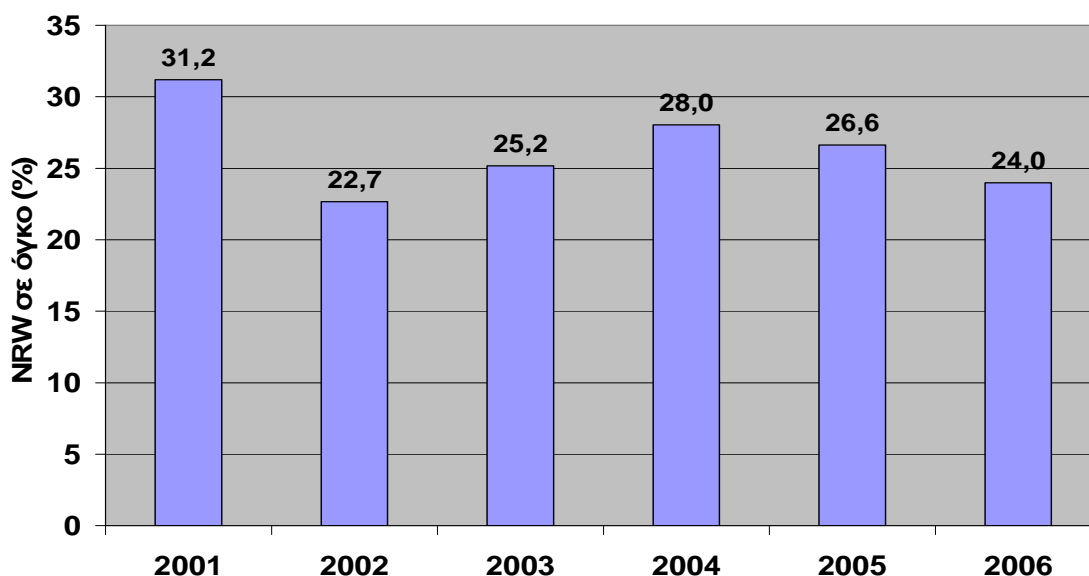
Σχήμα Γ-3.20. Εμφανείς απώλειες ως % της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης



Σχήμα Γ-3.21. Εμφανείς απώλειες σε lt/σύνδεση/ημέρα για αριθμό συνδέσεων από 13.000 έως 24.000

### Γ-3.8 Δείκτες Απόδοσης - Μη Ανταποδοτικό Νερό (NRW)

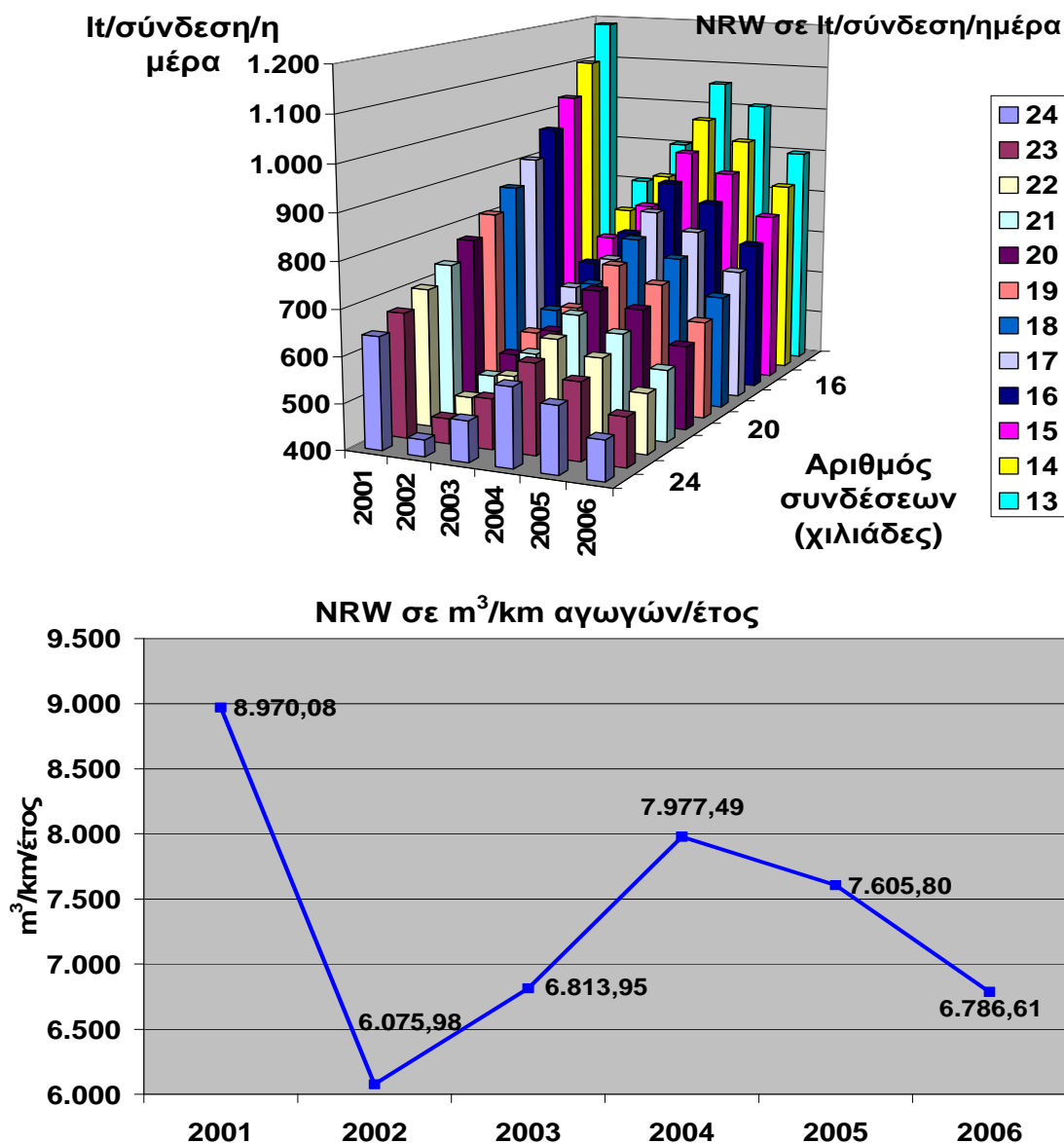
Ο οικονομικός δείκτης των απωλειών νερού είναι το μη ανταποδοτικό νερό (NRW) σε όγκο (Fi46). Ο δείκτης αυτός έχει υπολογιστεί διαιρώντας το μη ανταποδοτικό νερό με τον όγκο του εισερχόμενου νερού στο δίκτυο και για τα δύο εξάμηνα και παρουσιάζεται στο σχήμα Γ-3.22.



Σχήμα Γ-3.22. Μη ανταποδοτικό νερό σε όγκο (%) για την Δ.Ε.Υ.Α.Λ.



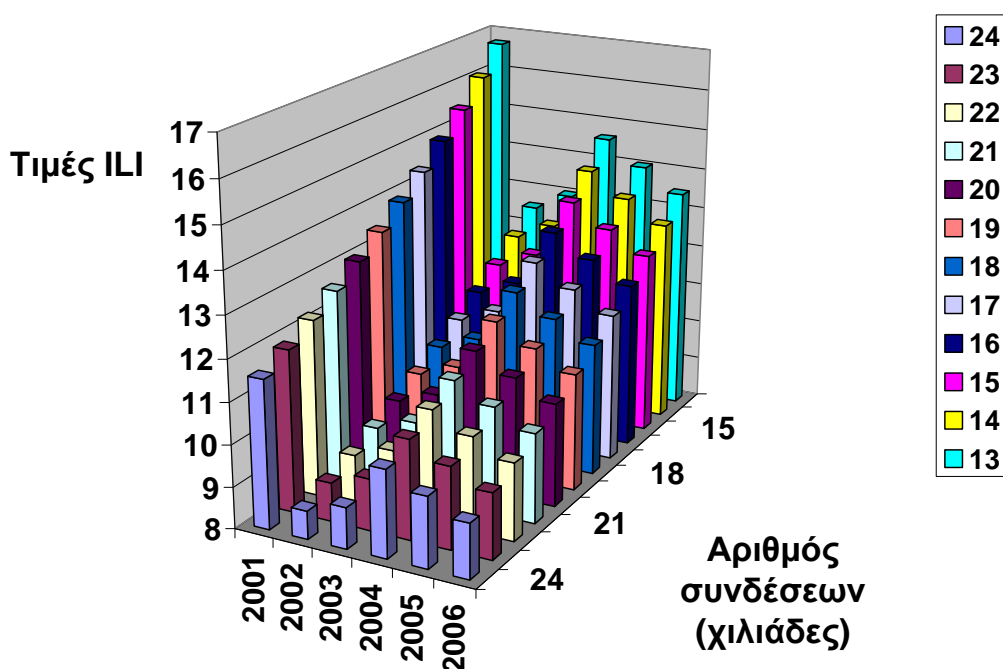
Η μέγιστη τιμή του παρουσιάζεται το 2001 (31,2%) και η ελάχιστη το 2002 (22,7%). Επειδή αυτός ο δείκτης δεν είναι αντιπροσωπευτικός αφού εξαρτάται από άλλους παράγοντες οι οποίοι δεν είναι σταθεροί (εισερχόμενο νερό, κατανάλωση κλπ) χρησιμοποιούνται οι εκφράσεις του NRW σε lt/σύνδεση/ημέρα (για 13.000-24.000 συνδέσεις) και σε m<sup>3</sup>/km αγωγών/έτος. Αυτές οι εκφράσεις του NRW παρουσιάζονται στο σχήμα Γ-3.23. Η τάση που υπάρχει για μέγιστες τιμές το 2001 και ελάχιστες το 2002 εμφανίζεται και σε αυτές τις εκφράσεις του NRW.



Σχήμα Γ-3.23. Μη ανταποδοτικό νερό σε (α) lt/σύνδεση/ημέρα και (β) m<sup>3</sup>/km αγωγών/έτος

### Γ-3.9 Δείκτες Απόδοσης - ΙΛΙ

Ο δείκτης που απεικονίζει πόσες φορές μεγαλύτερες είναι οι απώλειες του δικτύου από τις ελάχιστες αναπόφευκτες απώλειες είναι ο ΙΛΙ. Ο ΙΛΙ για να υπολογιστεί χρειάζεται τον αριθμό των συνδέσεων, στοιχείο που για το δίκτυο της Λάρισας δεν είναι γνωστό. Υπολογίστηκε λοιπόν ο δείκτης ΙΛΙ για αριθμό συνδέσεων από 13.000 έως 24.000 (σχήμα Γ-3.24). Από το σχήμα Γ-3.24 που παρουσιάζει τις τιμές του ΙΛΙ για εύρος συνδέσεων από 13.000 έως 24.000 φαίνεται ότι όσο μεγαλώνει ο αριθμός των συνδέσεων τόσο μικραίνει η τιμή του ΙΛΙ. Για 13.000 συνδέσεις η μέγιστη τιμή του ΙΛΙ είναι 16,73 το 2001 και η ελάχιστη 12,56 το 2002. Για 24.000 συνδέσεις η μέγιστη τιμή του ΙΛΙ είναι 11,56 το 2001 και η ελάχιστη 8,68 το 2002. Οι τιμές του ΙΛΙ παρουσιάζουν μία μείωση από το 2004 και μετά γεγονός που αποδεικνύει ότι η εφαρμογή μέτρων για μείωση των διαρροών που ξεκίνησε το 2004 έχει αποτελέσματα.



Σχήμα Γ-3.24. Τιμές ΙΛΙ για αριθμό συνδέσεων από 13.000 έως 24.000

Πίνακας Γ-3.9. Τιμές του ΙΛΙ (min, max) για εύρος συνδέσεων από 13.000 έως 24.000 για όλα τα έτη

Συνδέσεις	ΙΛΙ	Συνδέσεις	ΙΛΙ	Συνδέσεις	ΙΛΙ
24.000	Min 8,68	20.000	Min 9,78	16.000	Min 11,19
	Max 11,56		Max 13,02		Max 14,91
23.000	Min 8,93	19.000	Min 10,10	15.000	Min 11,61
	Max 11,89		Max 13,45		Max 15,47
22.000	Min 9,19	18.000	Min 10,44	14.000	Min 12,07
	Max 12,25		Max 13,90		Max 16,07
21.000	Min 9,48	17.000	Min 10,80	13.000	Min 12,56
	Max 12,62		Max 14,39		Max 16,73

Στον πίνακα Γ-3.9 φαίνονται οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές του ΠΙ για όλα τα έτη για εύρος αριθμού συνδέσεων από 13.000 έως 24.000. Οι τιμές του ΠΙ είναι όλες πάνω από 8.

Σύμφωνα με τον πίνακα Β-4.3 που παρουσιάζει τον πίνακα εκτίμησης των φυσικών απωλειών από τις τιμές του ΠΙ που προέκυψαν η Δ.Ε.Υ.Α.Λ. ανήκει στην κατηγορία D των ανεπτυγμένων χωρών που σημαίνει ότι:

- η κατηγορία D: αναποτελεσματική χρήση των πόρων. Τα προγράμματα μείωσης των διαρροών είναι επιτακτικά και υψηλής προτεραιότητας.

Η κατάταξη αυτή της Δ.Ε.Υ.Α.Λ. σε αυτή την κατηγορία καθιστά προφανές ότι είναι επιτακτική η ανάγκη για περαιτέρω λήψη μέτρων μείωσης των διαρροών στο σύστημα. Είναι επίσης προφανές ότι τα μέτρα που λαμβάνονται ήδη έχουν κάποιο αποτέλεσμα.

### Γ-3.10 Συμπεράσματα

Από την μελέτη του δικτύου ύδρευσης της Δ.Ε.Υ.Α. Λάρισας και την εφαρμογή του Τροποποιημένου Διεθνούς Πρότυπου υδατικού ισοζυγίου της IWA καθώς επίσης και των βασικών δεικτών απόδοσης λειτουργίας προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- Οι βασικοί δείκτες απόδοσης που εφαρμόστηκαν στην περίπτωση της Δ.Ε.Υ.Α. Λάρισας δείχνουν την πορεία των απωλειών του νερού στη διάρκεια του χρόνου.
- Για τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου και των δεικτών απόδοσης έγιναν παραδοχές που αφορούσαν στοιχεία τα οποία η Δ.Ε.Υ.Α. Λάρισας δεν διαθέτει. Οι παραδοχές αυτές έγιναν με βάση την εθνική και διεθνή βιβλιογραφία και εμπειρία. Για τον έλεγχο των παραδοχών έγινε σε κάθε περίπτωση έλεγχος ευαισθησίας, οποίος έδειξε πόσο επηρεάζεται ο δείκτης απόδοσης που χρησιμοποιείται από μεταβολές στις τιμές των μεταβλητών.
- Έγινε αναλυτική περιγραφή τόσο του εξωτερικού όσο και του εσωτερικού υδραγωγείου της Δ.Ε.Υ.Α. Λάρισας και του δικτύου των αγωγών της.
- Υπολογίστηκε το Τροποποιημένο Υδατικό Ισοζύγιο για το δίκτυο ύδρευσης της Δ.Ε.Υ.Α.Λ. από το 2001 έως το 2006.
- Από τη μελέτη των δεικτών απόδοσης προκύπτει ότι οι μεγαλύτερες απώλειες παρατηρούνται το 2001 και οι μικρότερες το 2002. Από το 2004 και μετά παρατηρείται μία μείωση των απωλειών νερού και των πραγματικών απωλειών.
- Για το υπολογισμό των απωλειών νερού και των πραγματικών απωλειών ανά σύνδεση έγινε η παραδοχή ότι ο αριθμός των συνδέσεων κυμαίνεται από 7.000 (9,7% των μετρητών) έως 24.000 συνδέσεις (33,3% των μετρητών). Οι απώλειες νερού ανά σύνδεση και οι πραγματικές απώλειες ανά σύνδεση ακολουθούν την ίδια τάση όπως και οι αρχικοί δείκτες.
- Για τον υπολογισμό των δεικτών σε εκφράσεις ανά σύνδεση λήφθηκε υπόψη το όριο των 20 συνδέσεων ανά km αγωγών (σχήμα Β-4.2). Επομένως όταν οι δείκτες απόδοσης

εκφράζονται ανά σύνδεση υπολογίζονται οι τιμές τους για εύρος συνδέσεων από 13.000 έως 24.000 συνδέσεις.




- ✚ Ως ο κατάλληλος δείκτης των εμφανών απωλειών κρίθηκε η έκφρασή τους σε lt/σύνδεση/ημέρα. Οι εμφανείς απώλειες παρουσιάζουν τις μέγιστες τιμές τους το 2005 και τις ελάχιστες το 2001, αποτέλεσμα διαφορετικό από αυτό των εμφανών απωλειών εκφραζομένων σε ποσοστό % της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης. Επιβεβαιώνεται επομένως η καταλληλότητα του συγκεκριμένου δείκτη.
- ✚ Παρομοίως ως κατάλληλος δείκτης του NRW θεωρείται η έκφρασή του σε lt/σύνδεση/ημέρα ή σε m<sup>3</sup>/km αγωγών/έτος και όχι σε ποσοστό % του εισερχόμενου νερού. Ο NRW παρουσιάζει μέγιστες τιμές το 2001 και ελάχιστες το 2002. Παρατηρείται μείωση από το 2004 και μετά.
- ✚ Ο ILI παίρνει τιμές από 8,68 μέχρι 16,73 ανάλογα και με τον αριθμό των συνδέσεων. Όσο μεγαλώνει ο αριθμός των συνδέσεων τόσο μικραίνουν οι τιμές του ILI. Κατατάσσεται λοιπόν το δίκτυο στην κατηγορία D των αναπτυγμένων χωρών με βάση τη διεθνή κατάταξη (σχήμα B-4.3). Γενικά φαίνεται ότι υπάρχει μεγάλο περιθώριο μείωσης των απωλειών του νερού και περιορισμού τους στο ελάχιστο επίπεδο. Επίσης είναι προφανές ότι η στρατηγική μείωσης των απωλειών που εφαρμόζει η Δ.Ε.Υ.Α.Λ. αποδίδει στην μείωση των απωλειών.

### Γ-3.11 Προτάσεις

Από τα παραπάνω συμπεράσματα προέκυψαν προτάσεις προς την Δ.Ε.Υ.Α. της Λάρισας για την βελτίωση του επιπέδου λειτουργίας του δικτύου της:

- ✚ Είναι προφανές ότι οι ενέργειες για τη διαχείριση της πίεσης λειτουργίας του δικτύου με την εγκατάσταση των βαλβίδων πίεσης και τον χωρισμό του δικτύου σε 4 περιοχές έχει αποτελέσματα μείωσης των διαρροών τα οποία φαίνονται από την πορεία των δεικτών απόδοσης στον χρόνο.
- ✚ Είναι σημαντικό όμως να εφαρμοστεί μία ολοκληρωμένη στρατηγική μείωσης των διαρροών του δικτύου ξεκινώντας από απλές παρεμβάσεις και προχωρώντας σταδιακά σε μεγαλύτερες. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να γίνει ανάλυση κόστους – οφέλους για τις παρεμβάσεις.
- ✚ Η Δ.Ε.Υ.Α.Λ. μπορεί να χρησιμοποιήσει τα αποτελέσματα παρόμοιων έργων που έγιναν σε πόλεις που έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά όπως η Θεσσαλονίκη και η Λεμεσός, όπου οι απώλειες νερού μειώθηκαν μέχρι και 40% (Kanakoudis et al. 2005, Charalambous 2007).
- ✚ Ο υπολογισμός του υδατικού ισοζυγίου και των δεικτών πρέπει να γίνεται συνέχεια για την παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας των βελτιώσεων που θα γίνονται στο δίκτυο.
- ✚ Είναι σημαντικό να γίνουν πιλοτικά προγράμματα τα οποία θα υπολογίσουν το ποσοστό της κλοπής και των παράνομων συνδέσεων, τον αριθμό των συνδέσεων του

δικτύου (τουλάχιστο σε κάποιες περιοχές ενδεικτικά) και μία μελέτη όσον αφορά τους μετρητές και την αντικατάστασή τους.

-  Επίσης πρέπει να γίνει συστηματική καταγραφή της πίεσης λειτουργίας σε συγκεκριμένα σημεία του δικτύου και παρακολούθηση της ροής, κυρίως τις νυχτερινές ώρες για τον εντοπισμό των διαρροών.
-  Στο μέλλον είναι επίσης σημαντικό να χωριστεί το δίκτυο σε DMAs (district meter areas) για την καλύτερη διαχείριση και της πίεσης λειτουργίας και των διαρροών του δικτύου.
-  Τέλος πρέπει να εφαρμοστεί πολιτική συντήρησης των αγωγών του δικτύου (επισκευή/αντικατάσταση). Πρέπει να γίνεται πλήρης καταγραφή των αγωγών που παθαίνουν βλάβες καθώς και των αιτιών που τις προκαλούν. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τον υπολογισμό του βέλτιστου χρόνου αντικατάστασης των αγωγών χρησιμοποιώντας κατάλληλα μοντέλα (Kanakoudis 1998).

## Κεφάλαιο Γ-4: Εφαρμογή στο δίκτυο ύδρευσης Δ.Ε.Υ.Α. Κω

Η πόλη της Κω είναι πρωτεύουσα του ομώνυμου νησιού στο νοτιοανατολικό άκρο της Ελλάδας. Το υδροδοτικό σύστημα της Κω αποτελείται από τους υπό εκμετάλλευση υδατικούς πόρους, τα συγκροτήματα άντλησης και μεταφοράς του νερού, τους υδαταγωγούς μεταφοράς (εξωτερικό υδραγωγείο) και το εσωτερικό δίκτυο διανομής. Η εταιρεία ύδρευσης και αποχέτευσης είναι δημοτική επιχείρηση, η Δ.Ε.Υ.Α.Κ.

### Γ-4.1 Υδατικοί πόροι

Οι υδατικοί πόροι που τροφοδοτούν το εξωτερικό υδραγωγείο της Δ.Ε.Υ.Α.Κ. είναι υπόγειοι. Συγκεκριμένα η εκμετάλλευση των υπόγειων υδροφορέων γίνεται από 22 γεωτρήσεις και το αντλούμενο νερό καταλήγει σε 4 δεξαμενές (πίνακας Γ-4.1). Στον πίνακα Γ-4.2 φαίνεται ο όγκος νερού που παράγεται από καθεμιά από τις γεωτρήσεις από το 1996 μέχρι και τον Ιούνιο του 2008.

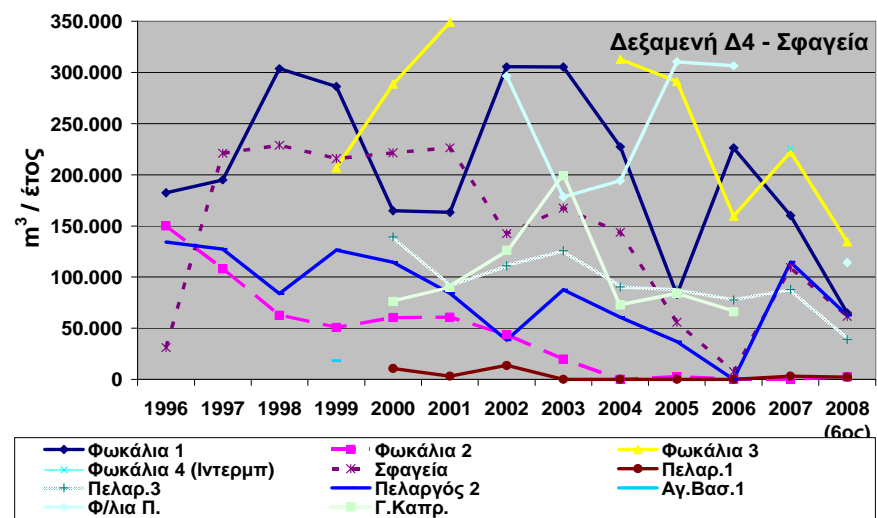
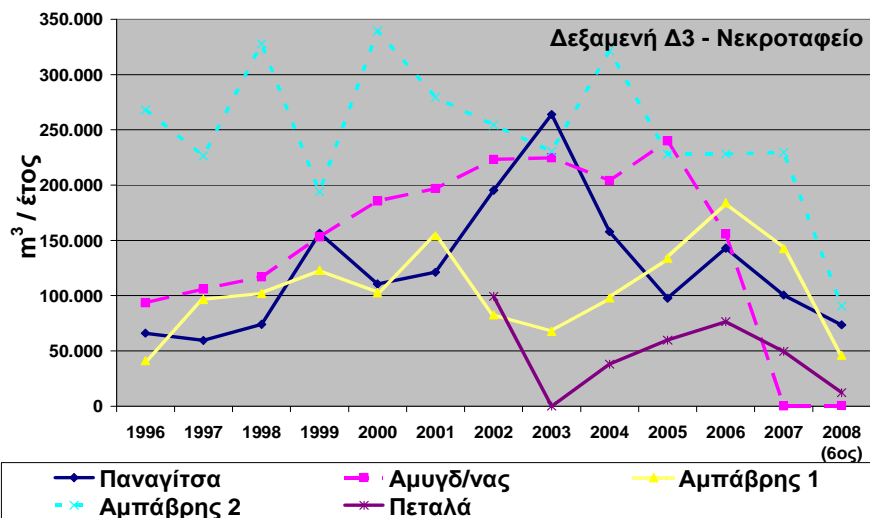
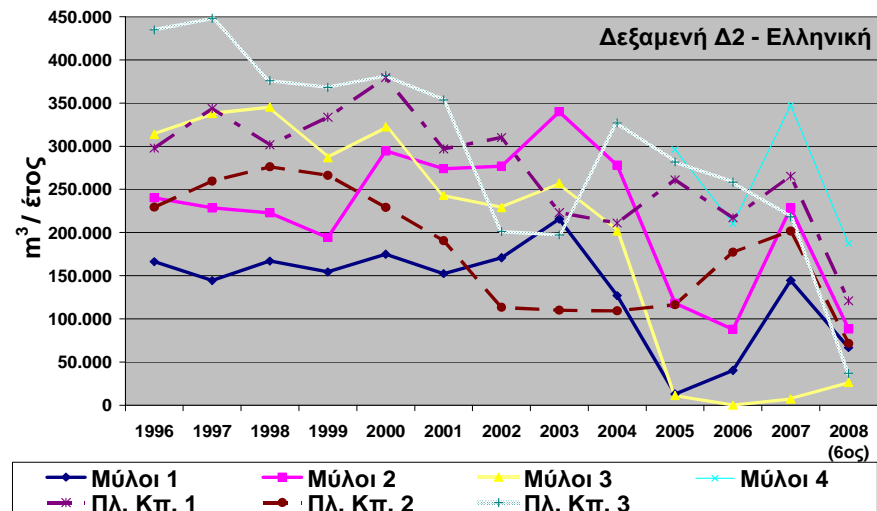
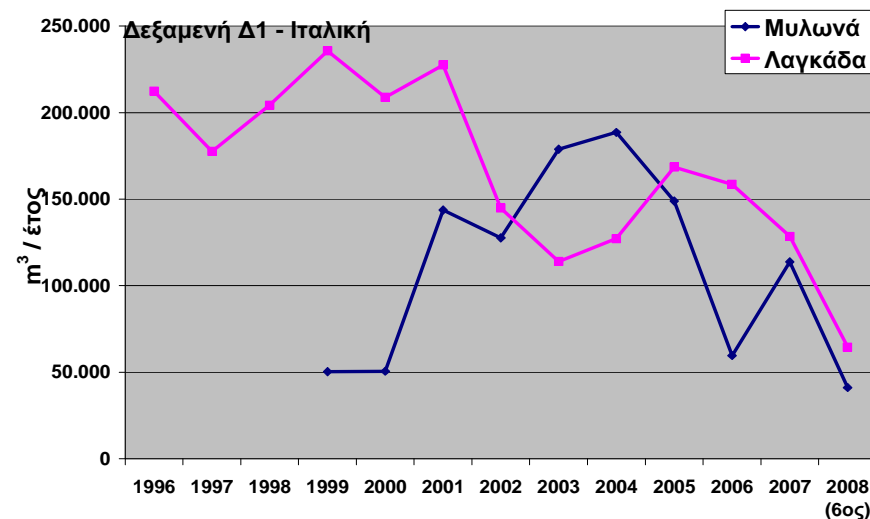
Πίνακας Γ-4.1. Γεωτρήσεις και δεξαμενές εξωτερικού υδραγωγείου Δ.Ε.Υ.Α.Κ.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ Δ.Ε.Υ.Α.Κ					
		ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ			
Α/Α	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	Δ1-ΙΤΑΛΙΚΗ	Δ2-ΕΛΛΗΝΙΚΗ	Δ3-ΝΕΚΡΟΤΑΦΕΙΟ	Δ4-ΣΦΑΓΕΙΑ
1	ΜΥΛΩΝΑΣ	✓			
2	ΛΑΓΚΑΔΑ	✓			
3	ΜΥΛΟΙ Νο1		✓		
4	ΜΥΛΟΙ Νο2		✓		
5	ΜΥΛΟΙ Νο3		✓		
6	ΜΥΛΟΙ Νο4		✓		
7	ΠΛ.ΚΥΠΑΡΙΣΣΙ Νο1		✓		
8	ΠΛ.ΚΥΠΑΡΙΣΣΙ Νο2		✓		
9	ΠΛ.ΚΥΠΑΡΙΣΣΙ Νο3		✓		
10	ΠΑΝΑΓΙΤΣΑ			✓	
11	ΑΜΥΓΔΑΛΩΝΑΣ			✓	
12	ΑΜΠΑΒΡΗΣ Νο1			✓	
13	ΑΜΠΑΒΡΗΣ Νο2			✓	
14	ΠΕΤΑΛΑ			✓	
15	ΦΩΚΑΛΙΑ Νο1				✓
16	ΦΩΚΑΛΙΑ Νο2				✓
17	ΦΩΚΑΛΙΑ Νο3 (ΤΣΑΜΠΟΥΛΟΥΚΟΓΙΟΥ)				✓
18	ΦΩΚΑΛΙΑ Νο4 (ΙΝΤΕΡΜΠΕΤΟΝ)				✓
19	ΣΦΑΓΕΙΑ				✓
20	ΠΕΛΑΡΓΟΣ Νο1 (ΕΛΛΙΟΤΡΙΒΕΙΟ)				✓
21	ΠΕΛΑΡΓΟΣ Νο2 (ΚΑΠΡΙΝΙΩΤΗ)				✓
22	ΠΕΛΑΡΓΟΣ Νο3 (ΜΗΤΣΑΤΣΟΥ)				✓

Στο σχήμα Γ-4.1 παρουσιάζεται η συνεισφορά κάθε γεώτρησης στην αντίστοιχη δεξαμενή και στο σχήμα Γ-4.2 η συνολική συνεισφορά κάθε δεξαμενής στο σύνολο του όγκου του αντλούμενου νερού. Η δεξαμενή Δ2 (Ελληνική) συνεισφέρει με μεγαλύτερο όγκο νερού.

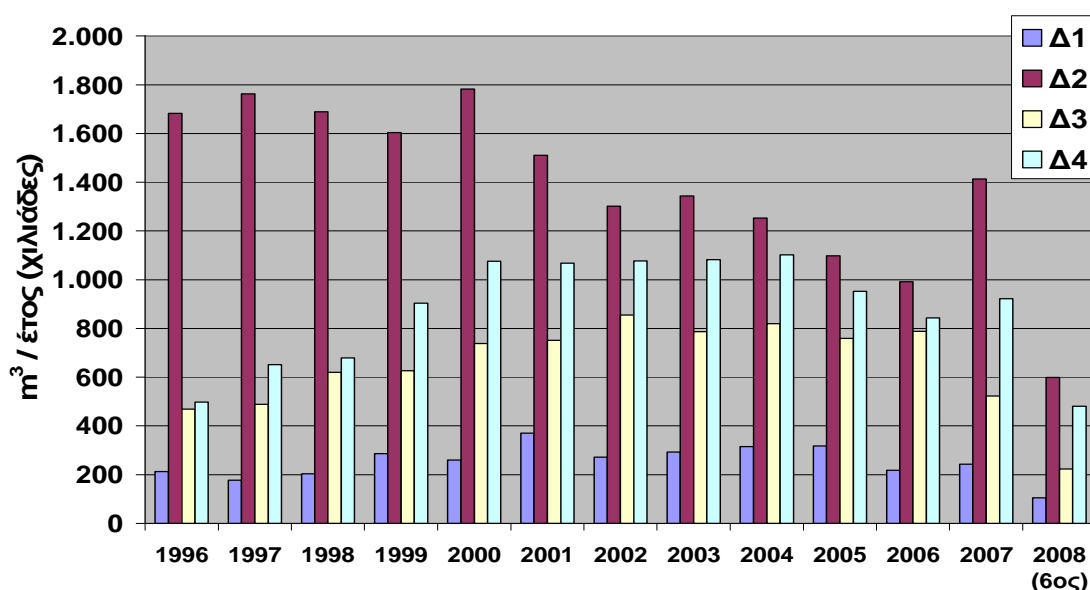
Πίνακας Γ-4.2. Όγκος νερού που παράγεται από τις γεωτρήσεις του εξωτερικού υδραγωγείου Δ.Ε.Υ.Α.Κ. 1996-2008 (m<sup>3</sup>/έτος).

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008 (και 6ο)
Μύλοι 1	166.275,0	144.292,5	167.017,5	154.485,0	174.915,0	152.560,0	170.865,0	215.707,5	126.900,0	12.847,5	40.365,0	144.608,5	66.757,5
Μύλοι 2	240.267,5	228.607,5	222.777,5	194.342,5	294.580,0	273.900,0	276.815,0	339.927,5	277.942,5	117.975,0	87.862,5	228.222,5	88.495,0
Μύλοι 3	313.985,0	337.995,0	345.520,0	286.825,0	322.560,0	243.210,0	229.110,0	257.145,0	201.720,0	11.340,0	0,0	7.380,0	26.730,0
Πλ. Κπ. 1	297.852,5	343.695,0	301.702,5	333.657,5	379.500,0	296.900,0	310.227,5	223.217,5	210.980,0	261.057,5	217.075,0	265.275,0	120.875,0
Πλ. Κπ. 2	229.410,0	259.658,5	276.277,5	266.242,5	229.207,5	190.700,0	113.340,0	110.002,5	109.220,0	116.380,0	177.400,0	201.940,0	71.520,0
Πλ. Κπ. 3	434.700,0	448.280,0	376.040,0	367.990,0	381.920,0	353.625,0	201.080,0	197.330,0	327.030,0	281.875,0	258.325,0	218.200,0	36.875,0
Αμπάβρης 1	41.210,0	96.690,0	102.100,0	122.940,0	102.760,0	154.020,0	82.562,5	67.660,0	97.975,0	133.887,5	183.962,5	142.662,5	46.112,5
Αμπάβρης 2	268.120,0	226.320,0	327.920,0	194.060,0	339.600,0	279.440,0	254.540,0	230.560,0	321.720,0	227.840,0	228.240,0	229.660,0	90.540,0
Φωκάλια 1	182.400,0	195.000,0	303.620,0	286.200,0	164.840,0	163.257,5	305.480,0	305.360,0	227.280,0	82.980,0	226.290,0	160.110,0	64.725,0
Φωκάλια 2	149.870,0	108.100,0	62.750,0	50.700,0	60.310,0	60.820,0	43.660,0	19.730,0	0,0	2.660,0	0,0	0,0	2.390,0
Πελαργός 2	133.995,0	127.305,0	83.880,0	126.555,0	114.360,0	84.100,0	38.237,5	87.450,0	60.687,5	36.962,5	0,0	114.562,5	62.562,5
Σφαγεία	30.957,5	221.042,5	228.812,5	215.880,0	221.497,5	226.440,0	142.350,0	167.422,5	143.640,0	55.725,0	7.375,0	109.025,0	61.662,5
Λαγκάδα	212.300,0	177.580,0	204.240,0	235.660,0	208.800,0	227.500,0	144.760,0	113.960,0	127.200,0	168.500,0	158.460,0	128.460,0	64.520,0
Παναγίτσα	66.025,0	59.450,0	74.037,5	156.400,0	110.462,5	121.140,0	195.352,5	263.857,5	157.797,5	97.632,5	142.950,0	100.410,0	73.500,0
Αμυγδ/νας	93.572,5	105.927,5	116.795,0	153.317,5	185.692,5	196.785,0	223.195,0	224.682,5	204.260,0	240.012,5	155.775,0	225,0	330,0
Αγ.Βασ.1				18.382,5									
Φ/λια Π.							296.437,5	178.300,0	194.287,5	310.455,0	306.480,0		114.100,0
Μυλωνά			50.370,0	50.580,0	143.750,0	127.600,0	178.860,0	188.525,0	148.900,0	59.647,5	113.760,0	41.175,0	
Πελαρ.1				10.575,0	3.000,0	13.597,5	0,0	0,0	0,0	0,0	3.105,0	2.047,5	
Πελαρ.3				139.200,0	91.020,0	110.932,5	125.640,0	90.282,5	87.535,0	77.537,5	87.762,5	38.987,5	
Γ.Καπρ.				76.110,0	90.345,0	126.192,5	198.930,0	72.765,0	84.227,5	66.100,0			
Πεταλά						99.250,0	0,0	38.000,0	59.700,0	76.392,0	49.580,1	12.168,0	
Φωκάλια 3			206.780,0	288.522,5	349.200,0			312.795,0	291.125,0	159.615,0	222.390,0	134.505,0	
Μύλοι 4									296.240,0	210.262,5	347.362,5	187.275,0	
Φωκάλια 4 (Ιντερμπ)											225.480,0		
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>2.860.940,0</b>	<b>3.079.943,5</b>	<b>3.193.490,0</b>	<b>3.420.787,5</b>	<b>3.855.992,5</b>	<b>3.701.712,5</b>	<b>3.505.585,0</b>	<b>3.505.742,5</b>	<b>3.491.007,5</b>	<b>3.125.857,5</b>	<b>2.840.114,5</b>	<b>3.100.181,1</b>	<b>1.407.853,0</b>



Σχήμα Γ-4.1. Συνεισφορά γεωτρήσεων στην (α) Ιταλική δεξαμενή, (β) Ελληνική δεξαμενή, (γ) δεξαμενή Νεκροταφείου και (δ) δεξαμενή Σφαγείων (m³/έτος)





Σχήμα Γ-4.2. Συνεισφορά κάθε δεξαμενής στο σύνολο του όγκου του αντλούμενου νερού (m<sup>3</sup>/έτος)

#### Γ-4.2 Εσωτερικό υδραγωγείο – Παραγωγή και κατανάλωση νερού

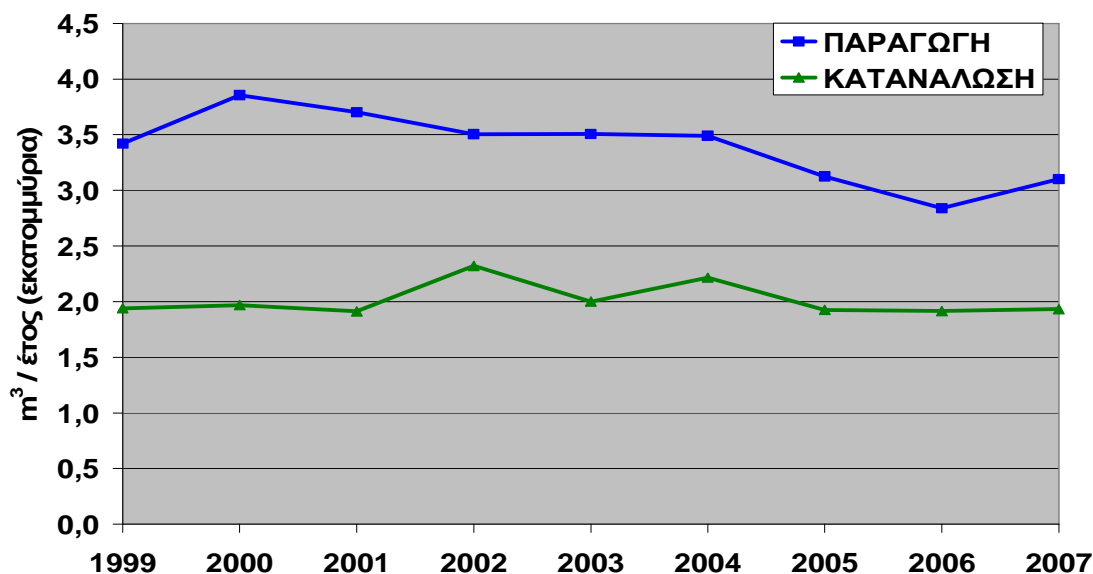
Το υδραγωγείο της Κω καλύπτει τις υδρευτικές ανάγκες του πληθυσμού της, ο οποίος είναι 17.894 άτομα (σύμφωνα με την απογραφή του 2001) και υδρεύονται από 12.364 υδρόμετρα (στοιχεία 2008). Η ιδιαιτερότητα της πόλης της Κω είναι ότι τον μισό χρόνο ο πληθυσμός της πόλης διπλασιάζεται λόγω της τουριστικής κίνησης της περιοχής. Στον πίνακα Γ-4.3 φαίνεται η διακύμανση του πληθυσμού. Σημαντικό στοιχείο αποτελεί η μεγάλη αύξηση του εξυπηρετούμενου από την Δ.Ε.Υ.Α.Κ. πληθυσμού κατά τη διάρκεια της τουριστικής περιόδου.

Πίνακας Γ-4.3. Πληθυσμός υδρευόμενος από την Δ.Ε.Υ.Α.Κ.

Πληθυσμός	Μόνιμος (απογραφή 2001)	Κλίνες ξενοδοχειακών μονάδων	Κλίνες ενοικιαζόμενων δωματίων
	17.894	14.111	2.829

Οι υδρευτικές ανάγκες της Δ.Ε.Υ.Α.Κ. ανέρχονται το 2007 σε 3.100.181 (παροχή) m<sup>3</sup>. Στο σχήμα Γ-4.3 φαίνεται η εξέλιξη της παροχής και της κατανάλωσης του νερού από το 1999 έως το 2007.

Η ιδιαιτερότητα του δικτύου φαίνεται αν χωριστεί το έτος σε δύο εξάμηνα, το πρώτο εξάμηνο του έτους να περιλαμβάνει το 5<sup>ο</sup> και 6<sup>ο</sup> δίμηνο του προηγούμενου έτους και το 1<sup>ο</sup> δίμηνο του τρέχοντος έτους (δηλαδή από τον Σεπτέμβριο μέχρι τον Φεβρουάριο). Το δεύτερο εξάμηνο περιλαμβάνει το 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup> δίμηνο του τρέχοντος έτους (δηλαδή από τον Μάρτιο μέχρι τον Αύγουστο) (πίνακας Γ-4.4). Ο χωρισμός σε εξάμηνα έγινε με βάση τη μεγαλύτερη κατανάλωση.



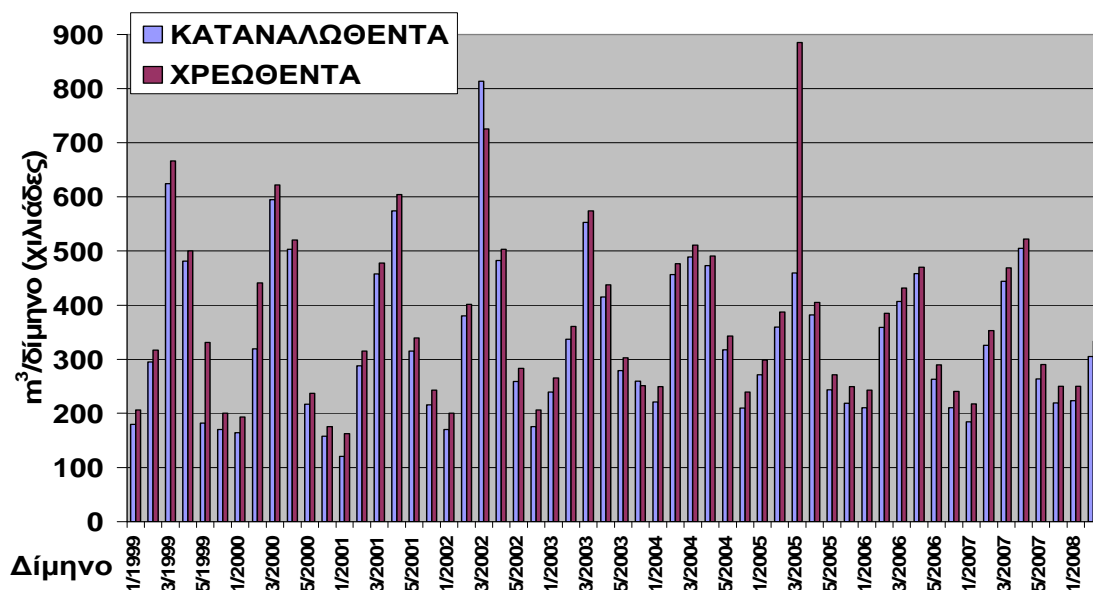
Σχήμα Γ-4.3. Παραγωγή και Κατανάλωση νερού στο δίκτυο της Κω 1999-2007

**Πίνακας Γ-4.4.** Αντιστοίχιση εξαμήνων και διμήνων όσον αφορά την κατανάλωση στο δίκτυο της Δ.Ε.Υ.Α.Κ.

Εξάμηνα		Δίμηνα		Εξάμηνα		Δίμηνα	
<b>1/1999*</b>		6/1998	1/1999	<b>1/2004</b>	5/2003	6/2003	1/2004
<b>2/1999</b>	2/1999	3/1999	4/1999	<b>2/2004</b>	2/2004	3/2004	4/2004
<b>1/2000</b>	5/1999	6/1999	1/2000	<b>1/2005</b>	5/2004	6/2004	1/2005
<b>2/2000</b>	2/2000	3/2000	4/2000	<b>2/2005</b>	2/2005	3/2005	4/2005
<b>1/2001</b>	5/2000	6/2000	1/2001	<b>1/2006</b>	5/2005	6/2005	1/2006
<b>2/2001</b>	2/2001	3/2001	4/2001	<b>2/2006</b>	2/2006	3/2006	4/2006
<b>1/2002</b>	5/2001	6/2001	1/2002	<b>1/2007</b>	5/2006	6/2006	1/2007
<b>2/2002</b>	2/2002	3/2002	4/2002	<b>2/2007</b>	2/2007	3/2007	4/2007
<b>1/2003</b>	5/2002	6/2002	1/2003	<b>1/2008</b>	5/2007	6/2007	1/2008
<b>2/2003</b>	2/2003	3/2003	4/2003				

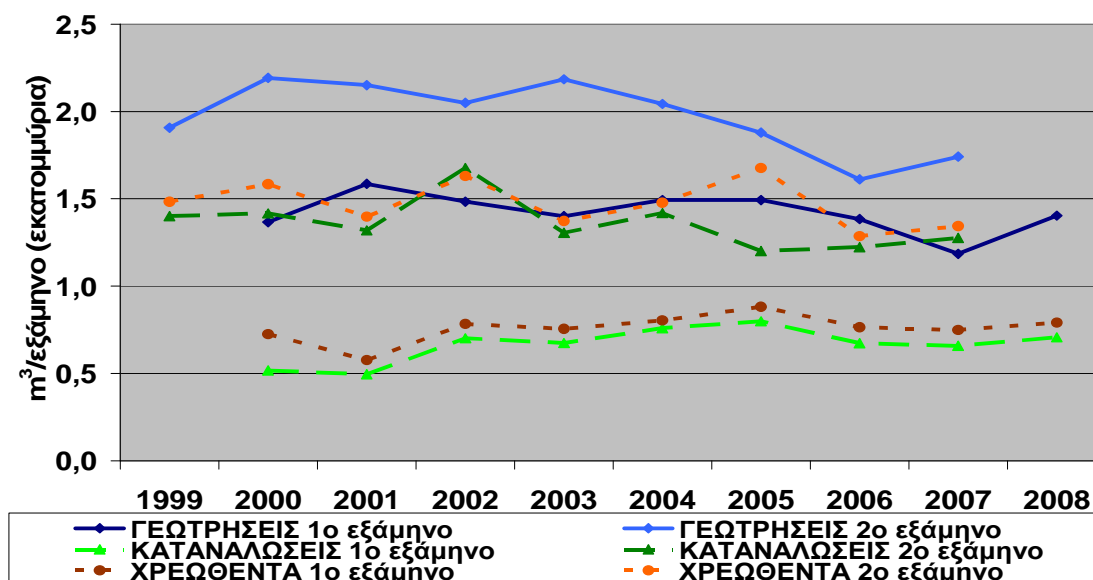
\* Για το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο του 1999 τα δεδομένα είναι ελλιπή

Η επιλογή των διμήνων που θα αντιστοιχούσαν στο αντίστοιχο εξάμηνο έγινε με βάση την ανάλυση των καταναλώσεων ανά δίμηνο η οποία φαίνεται στο σχήμα Γ-4.4. Το 2<sup>ο</sup> δίμηνο (Μάρτιος-Απρίλιος) παρουσιάζει μεγαλύτερη κατανάλωση από το 5<sup>ο</sup> δίμηνο του έτους (Σεπτέμβριος-Οκτώβριος).



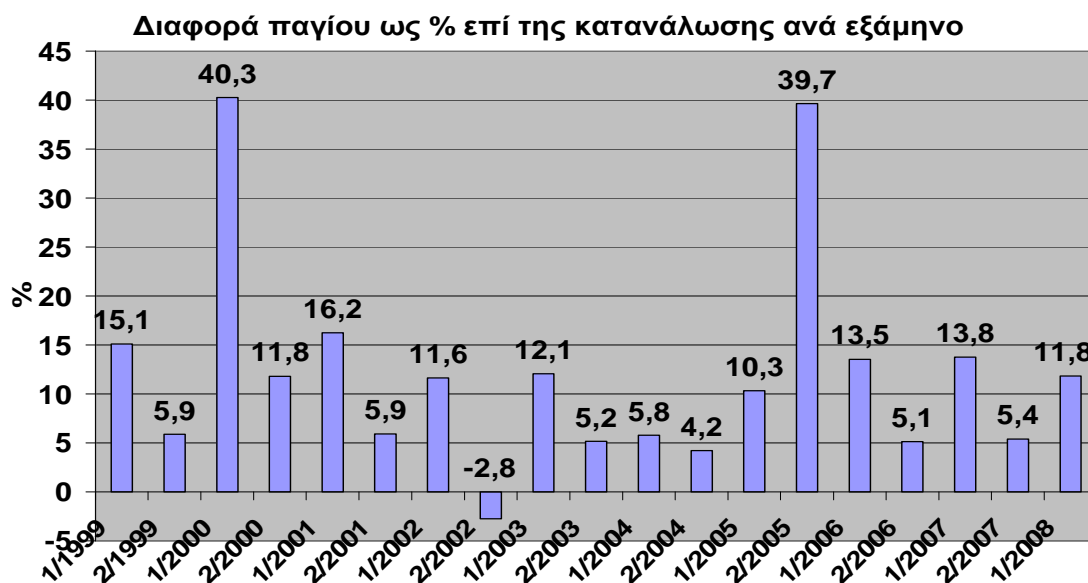
Σχήμα Γ-4.4. Καταναλωθέντα και χρεωθέντα κυβικά νερού στο δίκτυο της Κω ανά δίμηνο 1999-2008

Στο σχήμα Γ-4.5 παρουσιάζεται ο όγκος νερού που παράγεται από τις γεωτρήσεις, που καταναλώνεται και που χρεώνεται στους πελάτες της ΔΕΥΑΚ ανά εξάμηνο.



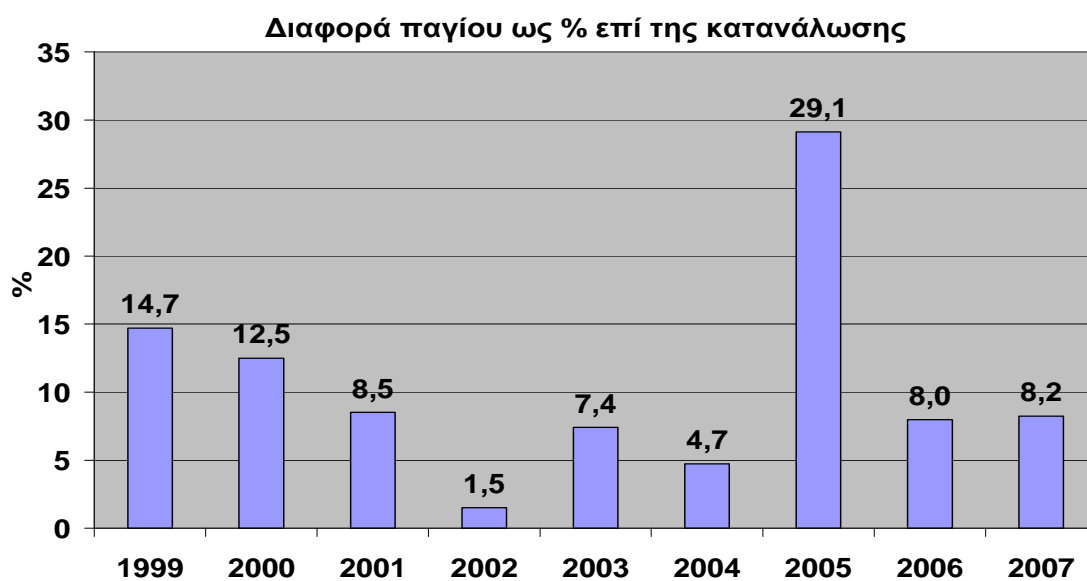
Σχήμα Γ-4.5. Όγκος νερού που παράγεται, καταναλώνεται και χρεώνεται ανά εξάμηνο στο δίκτυο της Κω 1999-2008

Η διαφορά που υπάρχει στον όγκο που καταναλώνεται και στον όγκο που χρεώνεται στους πελάτες είναι η διαφορά του παγίου. Υπάρχουν σημεία που η διαφορά του παγίου είναι μεγάλη όπως στο 1<sup>ο</sup> εξάμηνο 2000 που ανέρχεται στο 40,3% της κατανάλωσης και στο 2<sup>ο</sup> εξάμηνο 2005 που ανέρχεται στο 39,7%. Ένα άλλο ενδιαφέρον σημείο είναι το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο του 2002 όπου η διαφορά παγίου είναι αρνητική, δηλαδή καταναλώθηκε περισσότερο νερό από αυτό που χρεώθηκε (2,8% της κατανάλωσης) (σχήμα Γ-4.6).



Σχήμα Γ-4.6. Διαφορά του παγίου ως ποσοστό επί της κατανάλωσης ανά εξάμηνο για το δίκτυο της Κω 1999-2008

Σε ετήσιο επίπεδο η διαφορά του παγίου κυμαίνεται από 1,5% σε 29,1% της κατανάλωσης (σχήμα Γ-4.7).



Σχήμα Γ-4.7. Διαφορά του παγίου ως ποσοστό επί της κατανάλωσης σε ετήσια βάση για το δίκτυο της Κω 1999-2007

### Γ-4.3 Δίκτυο διανομής της Δ.Ε.Υ.Α.Κ.

Το δίκτυο διανομής της Δ.Ε.Υ.Α.Κ., συνολικού μήκους 122.640 m αποτελείται από αγωγούς (υλικό κατασκευής) PVC, χυτοσίδηρου, αμιαντοτσιμέντου, και χάλυβα. Στον πίνακα Γ-4.5 οι αγωγοί κατανέμονται ανά υλικό και έτος τοποθέτησης.

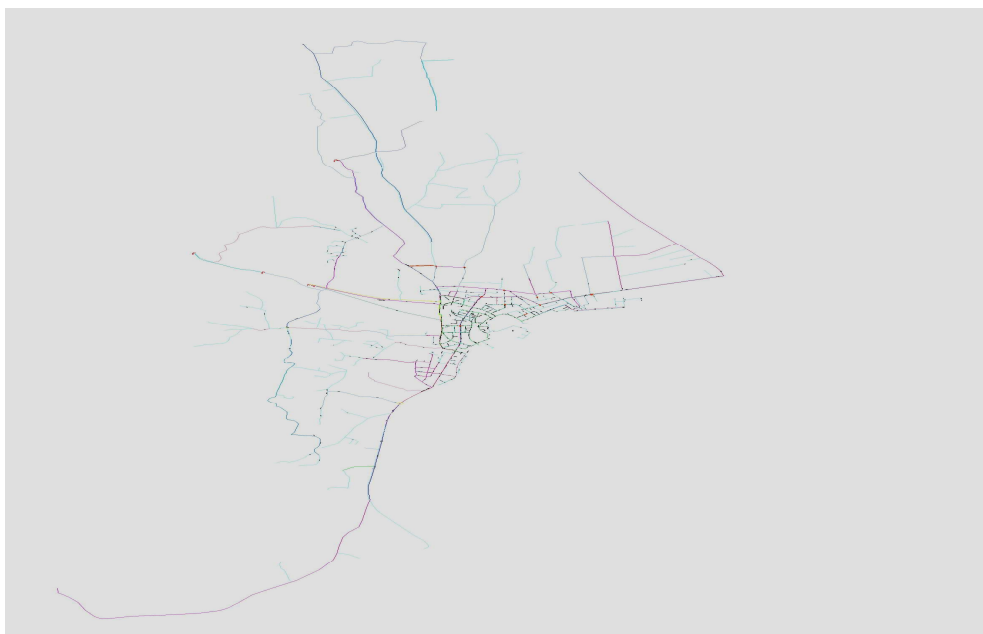
**Πίνακας Γ-4.5.** Κατανομή μηκών αγωγών ανά υλικό και έτος τοποθέτησης (βάση: 2008)

Υλικό Αγωγών	Μήκος (Κm)	% μήκους	Έτος τοποθέτησης
PVC	73.310	59,8	1980-1990
Αμιαντοτσιμέντο	32.083	26,2	1970-1980
Χυτοσίδηρος	13.330	10,9	1940-1950
Χάλυβας	1.855	1,5	1950-1960
PE	2.062	1,7	1990-2000
<b>Σύνολο</b>	<b>122.640</b>	<b>100,00</b>	

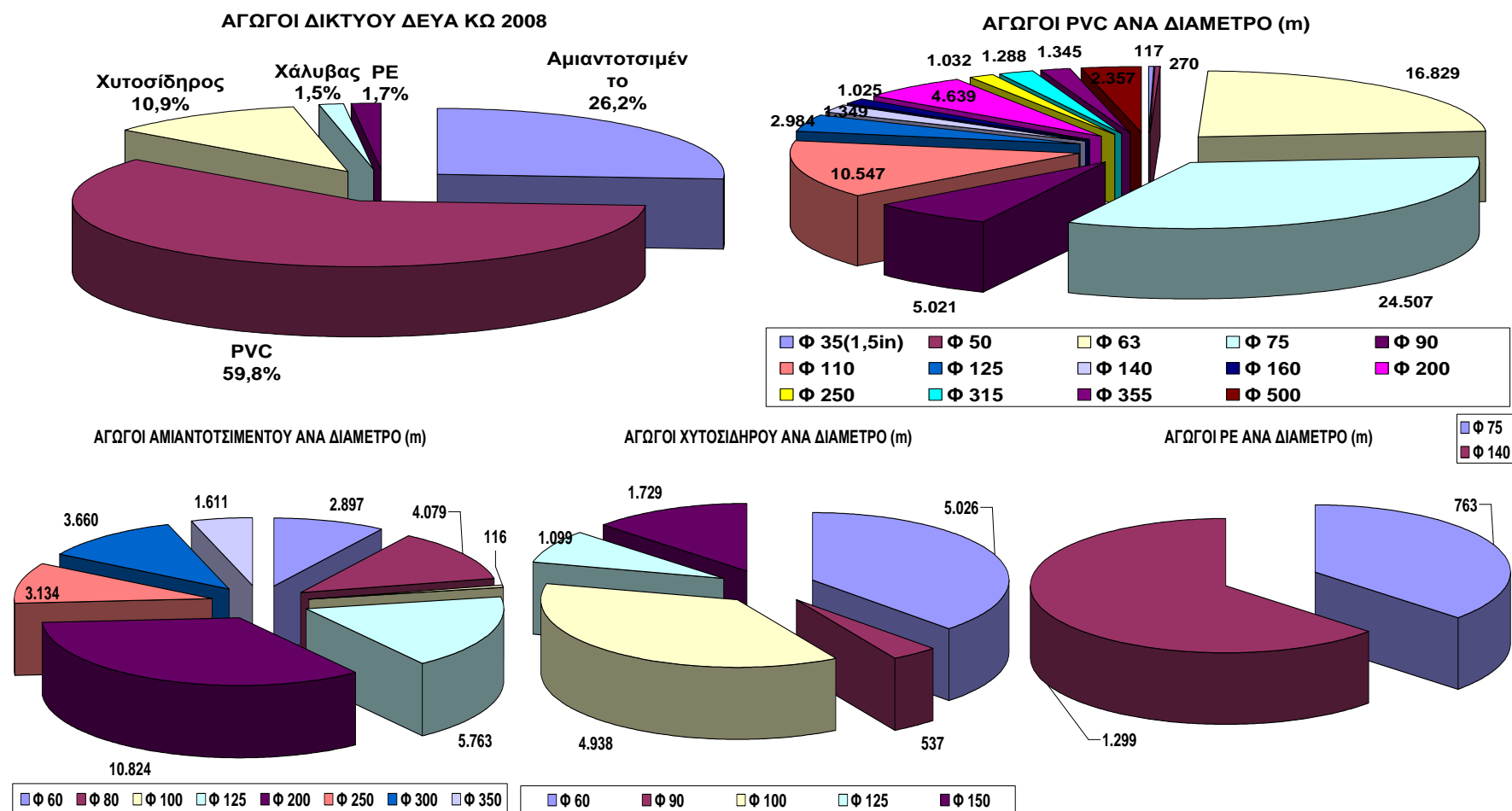
Οι αγωγοί χωρίζονται σε μεταφοράς, διανομής και οικιακών συνδέσεων. Με βάση τα δεδομένα του δικτύου αγωγοί μεταφοράς θεωρούνται όσοι έχουν διάμετρο μεγαλύτερη και ίση με Φ200, διανομής από Φ85 έως Φ200 και οικιακών συνδέσεων όλοι οι μικρότεροι από Φ85.

Στο σχήμα Γ-4.9 παρουσιάζονται οι αγωγοί ανά υλικό συγκεντρωτικά και ανά διάμετρο για κάθε υλικό. Στο σχήμα Γ-4.10 παρουσιάζονται οι αγωγοί ανά είδος (μεταφοράς, διανομής, οικιακών συνδέσεων), υλικό και διάμετρο. Επίσης φαίνεται η κατανομή τους ανά είδος.

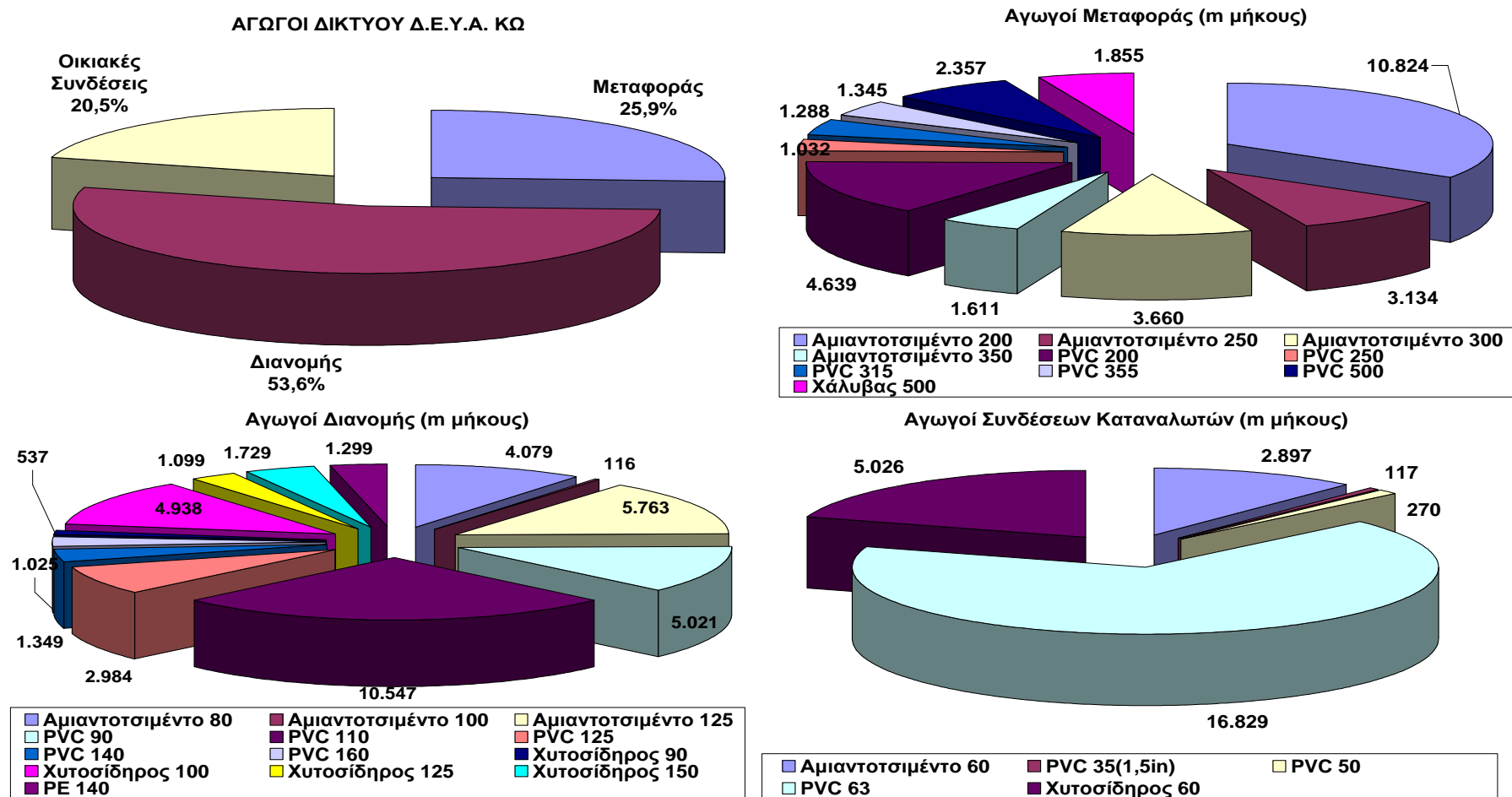
Στο σχήμα Γ-4.8 απεικονίζεται το δίκτυο της Δ.Ε.Υ.Α. Κω όπως καταγράφηκε στο πρόγραμμα WaterCad.



**Σχήμα Γ-4.8.** Το δίκτυο της Δ.Ε.Υ.Α. Κω



Σχήμα Γ-4.9. Συγκεντρωτικά και ανά υλικό και διάμετρο οι αγωγοί για το δίκτυο της Δ.Ε.Υ.Α.Κ. (έτος αναφοράς 2008)



Σχήμα Γ-4.10. Αγωγοί δικτύου Δ.Ε.Υ.Α.Κ. ανά είδος, υλικό και διάμετρο (έτος αναφοράς 2008) (α) ανά είδος, (β) αγωγοί μεταφοράς, (γ) αγωγοί διανομής και (δ) αγωγοί συνδέσεων καταναλωτών

### Γ-4.4 Υδατικό ισοζύγιο - Δεδομένα

Εξαιτίας της μεγάλης ζήτησης στο 2<sup>ο</sup> εξάμηνο σε σχέση με το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο κάθε έτους (πίνακας Γ4.4, σχήμα Γ-4.5), οι υπολογισμοί του υδατικού ισοζυγίου και των δεικτών απόδοσης γίνονται σε εξαμηνιαία βάση. Το διεθνές υδατικό ισοζύγιο της IWA υπολογίστηκε για το δίκτυο της Κω από το 1999 (2<sup>ο</sup> εξάμηνο) έως το 2008 (1<sup>ο</sup> εξάμηνο) με βάση τις παραδοχές που αναπτύχθηκαν στην παράγραφο Γ-1.3. Συγκεκριμένα οι παραδοχές αυτές αφορούν:

- Η τιμολογούμενη μετρούμενη κατανάλωση αφορά τον όγκο του νερού που καταγράφεται από τους υδρομετρητές των καταναλωτών
- Η μη-τιμολογούμενη μετρούμενη κατανάλωση αποτελεί στοιχείο της Δ.Ε.Υ.Α.Κ. και ανέρχεται σε 33.000 m<sup>3</sup>/εξάμηνο για κάθε έτος. Για την μη-τιμολογούμενη μη-μετρούμενη κατανάλωση δεν υπάρχουν στοιχεία και γι' αυτό θεωρείται μηδενική
- Η μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση είναι το 1% του εισερχόμενου νερού στο δίκτυο
- Τα λάθη των μετρήτων/μετρήσεων είναι το 5% του εισερχόμενου νερού στο δίκτυο

Στο σχήμα Γ-4.11 παρουσιάζονται δειγματοληπτικά το υδατικό ισοζύγιο για το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο του 2000 και για το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο του 2007.

ΔΙΕΘΝΕΣ ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΗΣ IWA ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΚΩ ΓΙΑ ΤΟ 2000 (m <sup>3</sup> /εξάμηνο) 1ο Εξάμηνο					
Εξαμηνιαίο Εισερχόμενο Νερό στο Δίκτυο	Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση		Νερό που αποδίδει έσοδα
			516.660		516.660
	549.660	Μη-Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση 33.000	Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση		Τιμολογούμενο χωρίς εισπραξη
			0		0
Μη-Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση 33.000			Μη Ανταποδοτικό Νερό (NRW)		
Απώλειες Νερού	Εμφανείς Απώλειες 81.987	Μη-Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση			
		13.665		641.812	
816.798		Λάθη Μετρητών / Μετρήσεων 68.323			Διαφορά παγίου 207.986
1.366.458	Πραγματικές Απώλειες		734.810		
ΔΙΕΘΝΕΣ ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΗΣ IWA ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΚΩ ΓΙΑ ΤΟ 2007 (m <sup>3</sup> /εξάμηνο) 2ο Εξάμηνο					
Εξαμηνιαίο Εισερχόμενο Νερό στο Δίκτυο	Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση		Νερό που αποδίδει έσοδα
			1.275.053		1.275.053
	1.308.053	Μη-Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση 33.000	Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση		Τιμολογούμενο χωρίς εισπραξη
			0		0
Μη-Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση 33.000			Μη Ανταποδοτικό Νερό (NRW)		
Απώλειες Νερού	Εμφανείς Απώλειες 104.486	Μη-Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση			
		17.414		397.492	
433.379		Λάθη Μετρητών / Μετρήσεων 87.072			Διαφορά παγίου 68.887
1.741.432	Πραγματικές Απώλειες		328.893		

Σχήμα Γ-4.11. Το Υδατικό Ισοζύγιο της IWA για το δίκτυο της Κω για (α) το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο του 2000 και (β) το 2<sup>ο</sup> του 2007



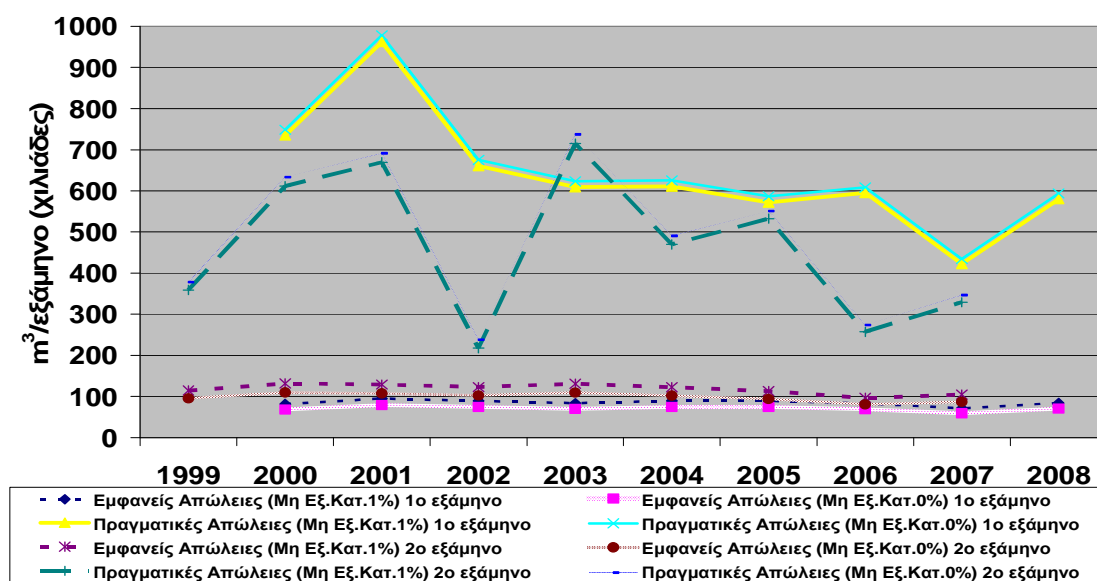
Τα δεδομένα του δικτύου της Κω (εισερχόμενο νερό, εξουσιοδοτημένη κατανάλωση, απώλειες νερού, πραγματικές απώλειες, νερό που αποδίδει έσοδα, μη-ανταποδοτικό νερό) παρουσιάζονται στο σχήμα Γ-4.13 για τα έτη 1999 έως 2008 ανά εξάμηνο. Ο όγκος νερού που αποδίδει έσοδα είναι ίσος με την τιμολογούμενη μετρούμενη κατανάλωση.

## Γ-4.5 Ανάλυση ευαισθησίας

### Γ-4.5.1 Μη-Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση

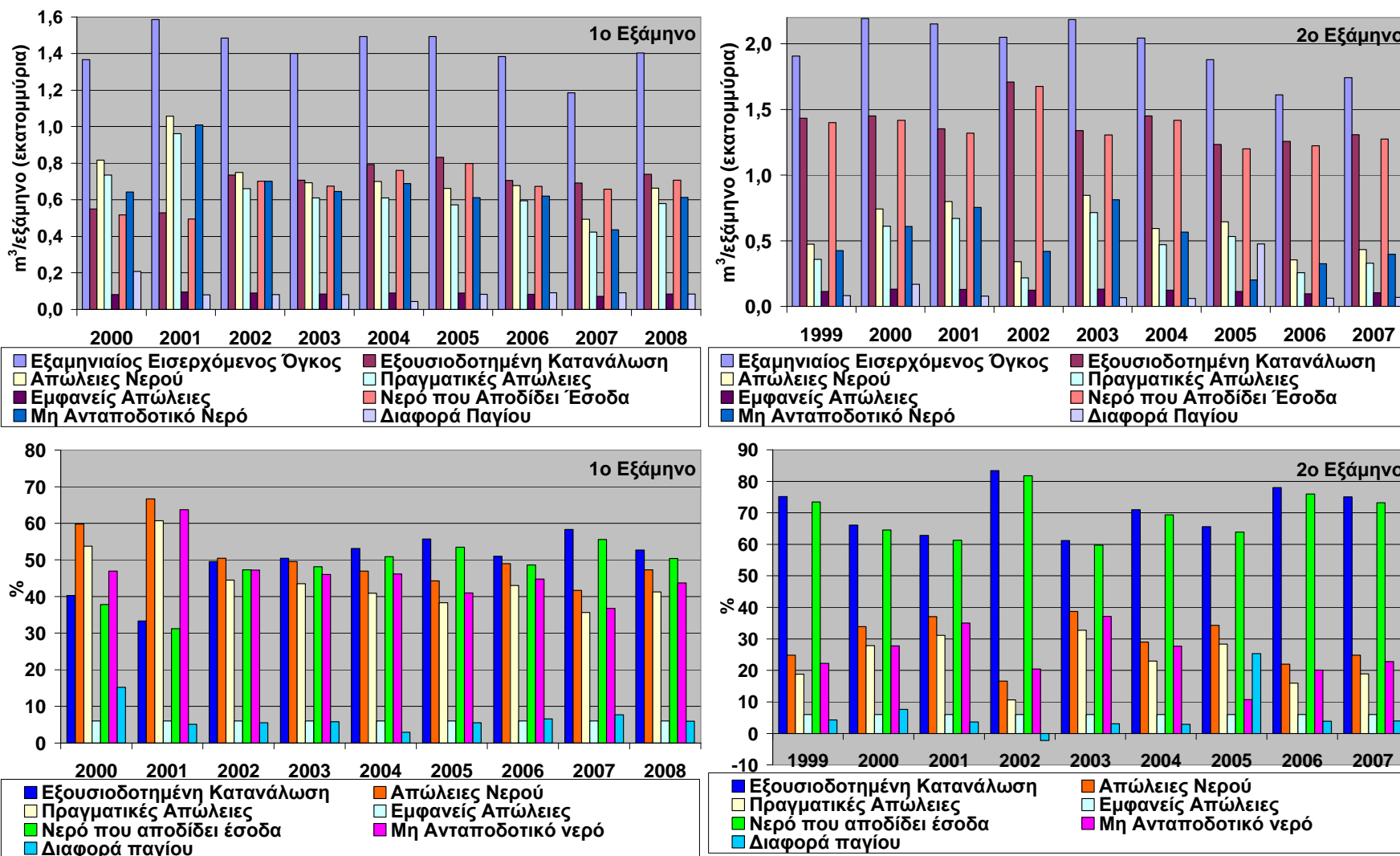
Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως λόγω έλλειψης δεδομένων από την Δ.Ε.Υ.Α.Κ. θεωρήθηκε ότι η μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση (παράνομες συνδέσεις, κλοπή κλπ.) αντιπροσωπεύει το 1% του ετήσιου εισερχόμενου νερού. Η επιχείρηση υποστηρίζει ότι δεν υπάρχει κλοπή ή παράνομες συνδέσεις και γι' αυτό θεωρείται ότι η μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση είναι μηδενική. Τότε το ποσό των εμφανών και πραγματικών απωλειών διαφοροποιείται όπως φαίνεται στο σχήμα Γ-4.12.

Οι Εμφανείς Απώλειες μειώνονται όταν η μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση γίνεται μηδενική, ενώ οι Πραγματικές Απώλειες αυξάνονται.

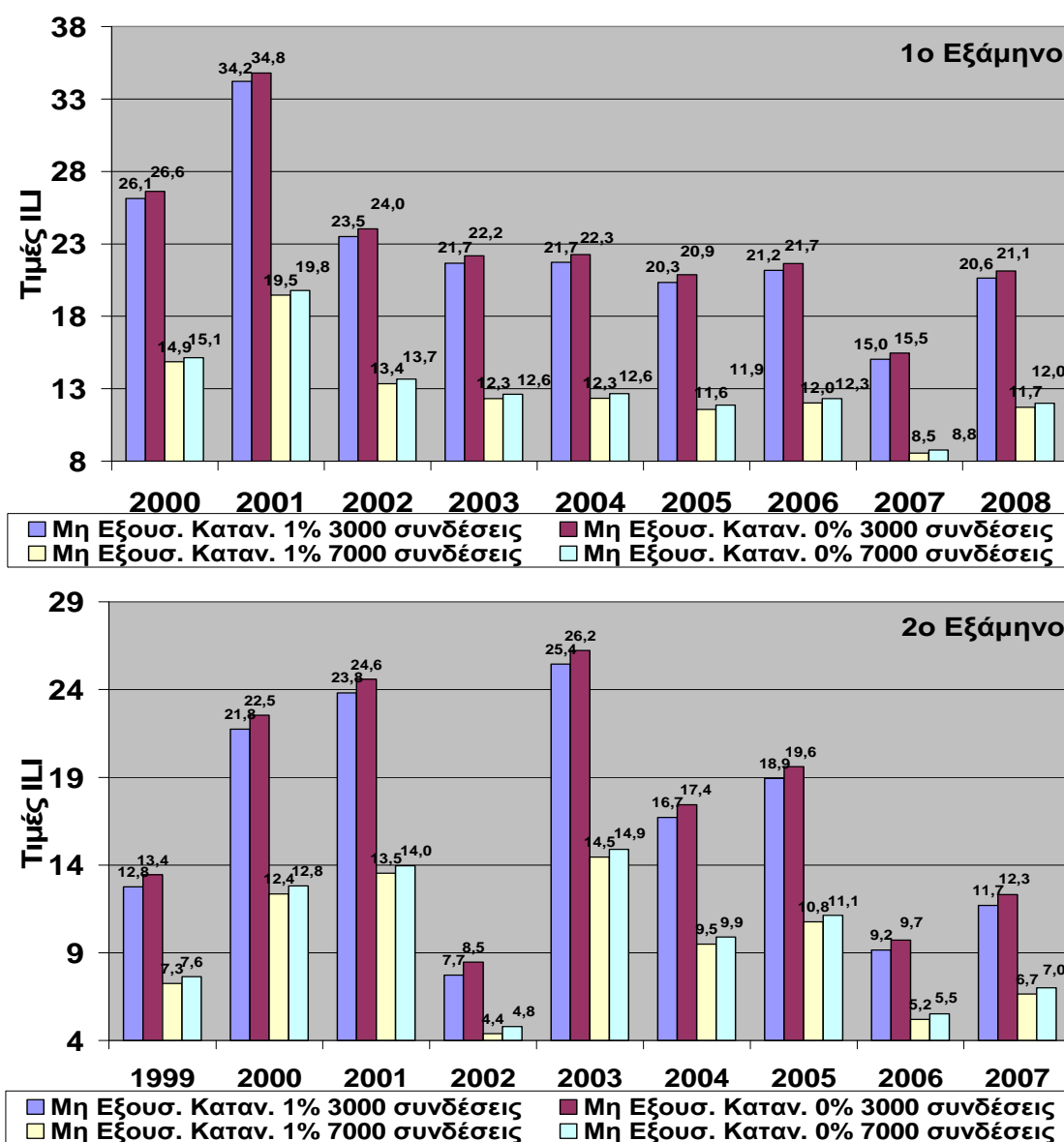


**Σχήμα Γ-4.12.** Μεταβολή των Εμφανών και Πραγματικών Απωλειών όταν η μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση από 1% του ετήσιου εισερχόμενου νερού γίνεται 0%

Αντίστοιχα μεταβάλλεται ο ΙΛΙ αφού οι πραγματικές απώλειες αλλάζουν. Στο σχήμα Γ-4.14 φαίνεται η μεταβολή του ΙΛΙ για αριθμό συνδέσεων 3.000 και 7.000. Ο ΙΛΙ αυξάνεται όταν μειώνεται το ποσοστό της μη εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης.



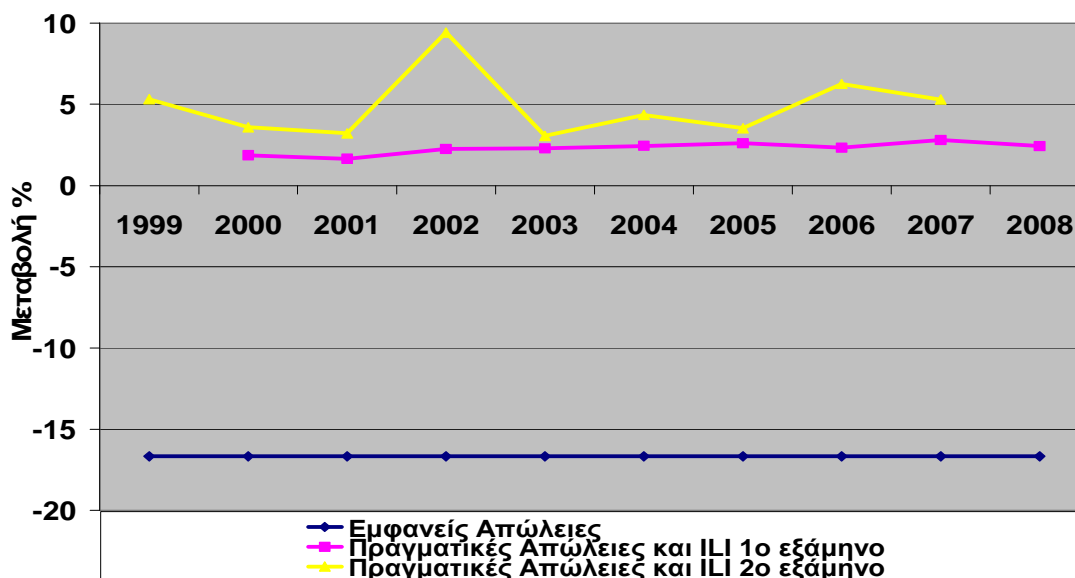
Σχήμα Γ-4.13. Δεδομένα υδατικού ισοζυγίου για την περίπτωση της Κω (α) σε m<sup>3</sup>/εξάμηνο για το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο, (β) σε m<sup>3</sup>/εξάμηνο για το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο, (γ) ως % επί του εισερχόμενου όγκου για το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο και (δ) ως % επί του εισερχόμενου όγκου για το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο (1999-2008)



**Σχήμα Γ-4.14.** Μεταβολή του ILI όταν η μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση από 1% του ετήσιου εισερχόμενου νερού γίνεται 0% για 3.000 και 7.000 συνδέσεις για (α) το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο και (β) το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο

Η ποσοστιαία μεταβολή της μη-εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης από 0% σε 1% μεταβάλλει τις εμφανείς απώλειες, τις πραγματικές απώλειες και τον ILI όπως φαίνεται στο σχήμα Γ-4.15 σε ποσοστιαία μεταβολή. Οι Εμφανείς Απώλειες παρουσιάζουν την ίδια ποσοστιαία μεταβολή σε όλα τα έτη. Όπως προαναφέρθηκε οι Εμφανείς Απώλειες μειώνονται όταν η Μη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση από 1% του εισερχόμενου νερού γίνεται 0% γι' αυτό και η μεταβολή είναι αρνητική και σταθερή (-16,67%). Αντίθετα οι Πραγματικές Απώλειες και ο ILI αυξάνονται. Ο ILI παρουσιάζει την ίδια ποσοστιαία μεταβολή ανεξάρτητα από τον αριθμό των συνδέσεων. Εξαρτάται μόνο από το έτος και είναι ίδια με την ποσοστιαία μεταβολή των Πραγματικών Απωλειών (πίνακας Γ-4.15). Η

διακύμανση των ποσοστιαίων μεταβολών των πραγματικών απωλειών και του ILI για το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο είναι μικρότερη από αυτή του 2<sup>ου</sup> εξαμήνου.



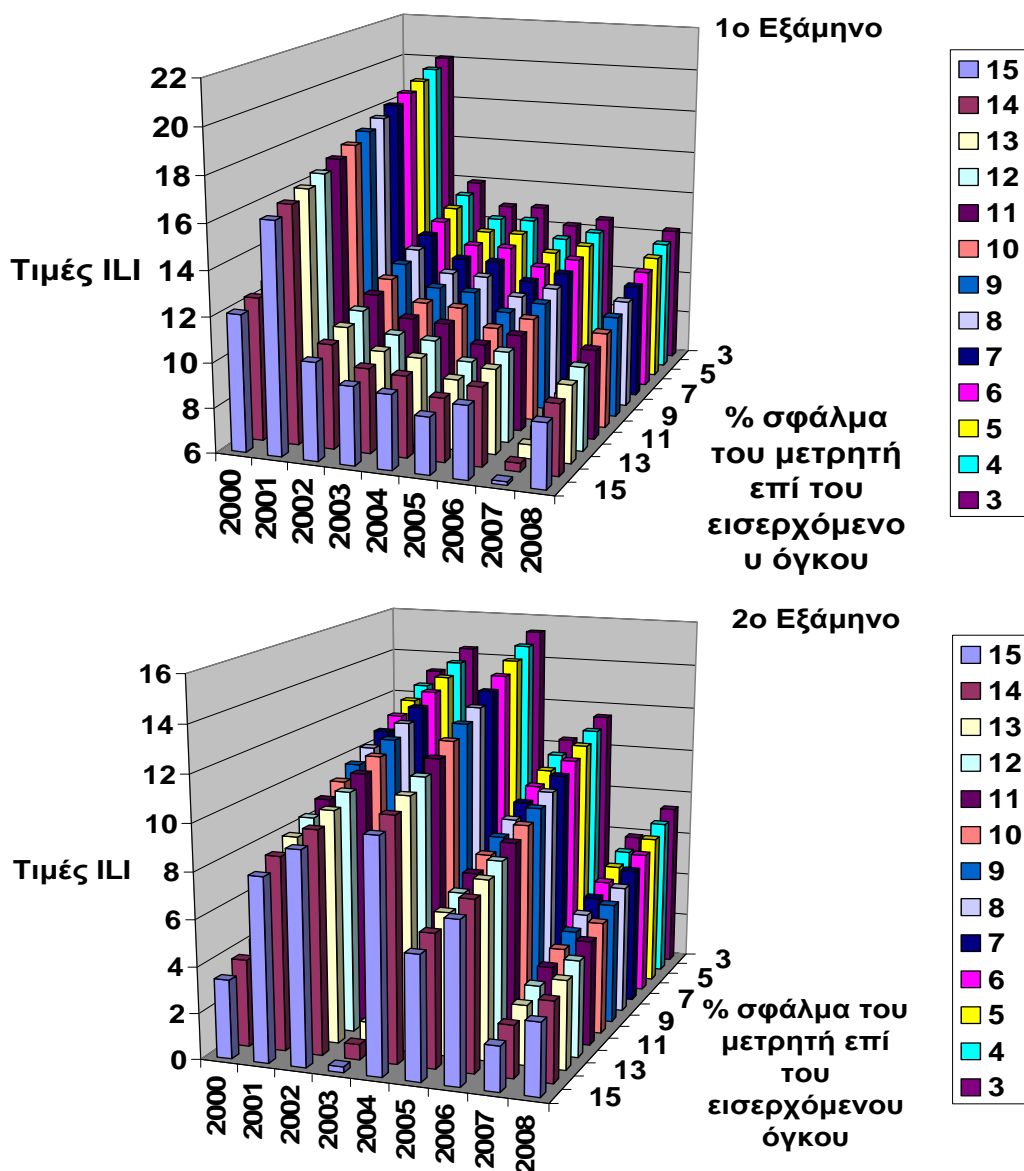
**Σχήμα Γ-4.15.** Ποσοστιαία μεταβολή των Εμφανών Απωλειών, των Πραγματικών Απωλειών και του ILI όταν η μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση από 1% του ετήσιου εισερχόμενου νερού γίνεται 0%

#### Γ-4.5.2 Λάθη Μετρητών / Μετρήσεων

Η Δ.Ε.Υ.Α.Κ. δεν διατηρεί δεδομένα σφαλμάτων μετρητών και μετρήσεων είτε αυτά έγιναν κατά την καταγραφή των μετρήσεων είτε κατά την ηλεκτρολόγηση στο γραφείο. Γι' αυτό γίνεται η παραδοχή ότι τα λάθη μετρητών / μετρήσεων είναι το 5% του εισερχόμενου νερού.

Οι επιχειρήσεις ύδρευσης θεωρούν ότι αυτό το σφάλμα ανέρχεται στο 3% με βάση τις προδιαγραφές του κατασκευαστή των μετρητών. Από μελέτες που έγιναν στην Ε.Υ.Δ.Α.Π. (Κανακούδης, 1998, Georgiadis et al., 2008) αυτό το ποσό μετρήθηκε να είναι από 7-9% της μετρούμενης κατανάλωσης έως 15% του εισερχόμενου νερού. Γι' αυτό έγινε ανάλυση ευαισθησίας θεωρώντας τα λάθη των μετρητών να ανέρχονται από 3% έως 15% του εισερχόμενου νερού στο δίκτυο.

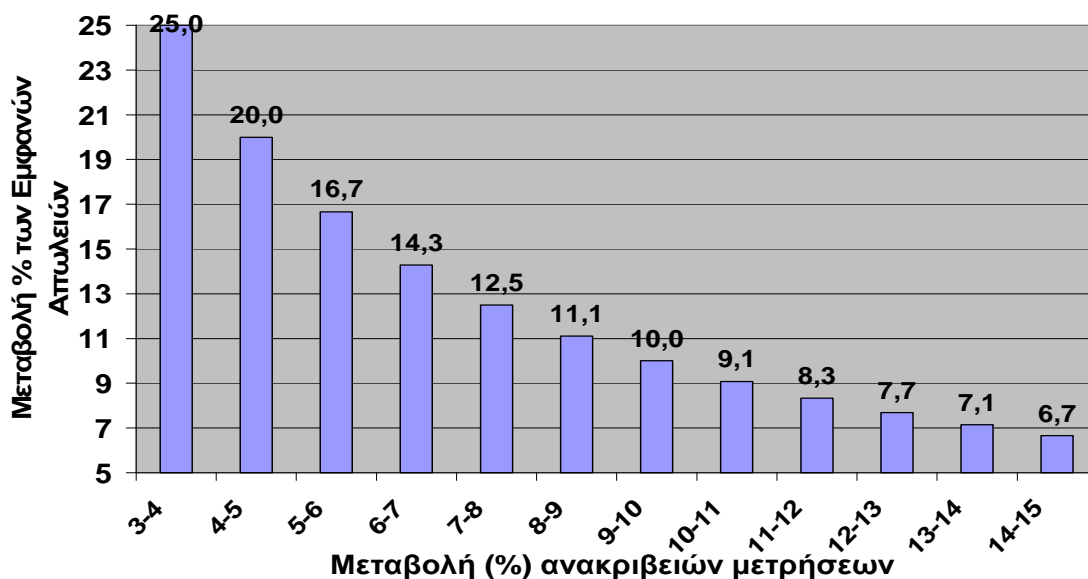
Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι εμφανείς απώλειες αυξάνονται όπως αυξάνονται τα λάθη των μετρητών, ενώ οι πραγματικές απώλειες μειώνονται κατά το ποσοστό της αύξησης των λαθών των μετρητών και των μετρήσεων. Επίσης οι τιμές του ILI μεταβάλλονται αφού οι πραγματικές απώλειες μεταβάλλονται (σχήμα Γ-4.16). Ο ILI αυξάνει καθώς το σφάλμα του μετρητή μειώνεται.



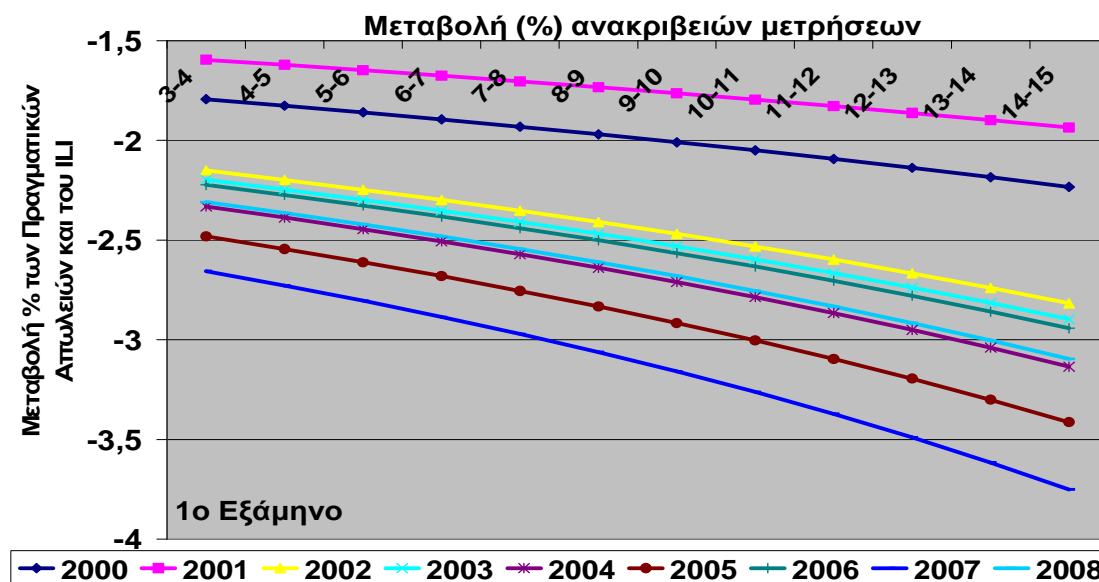
**Σχήμα Γ-4.16.** Μεταβολή του ILI για σφάλματα μετρητών από 3-15% του εισερχόμενου όγκου του νερού για 7.000 συνδέσεις για (α) το 1<sup>ο</sup> και (β) το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο

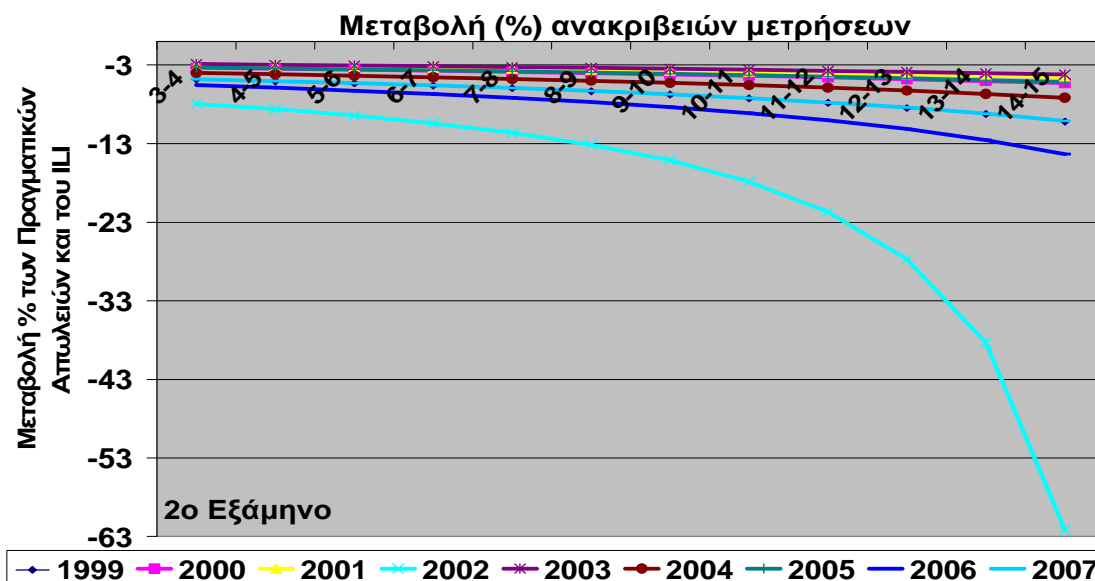
Στο σχήμα Γ-4.17 παρουσιάζονται οι ποσοστιαίες μεταβολές των εμφανών απωλειών και στο σχήμα Γ-4.18 των πραγματικών απωλειών και του ILI για ποσοστιαία μεταβολή των σφαλμάτων των μετρητών από 3-15% του εισερχόμενου όγκου του νερού. Την μεγαλύτερη μεταβολή την παρουσιάζουν οι εμφανείς απώλειες για την διαφορά μεταξύ 3% και 4%. Όσο μεγαλώνει το ποσοστό των σφαλμάτων των μετρητών τόσο μικραίνει η ποσοστιαία μεταβολή των εμφανών απωλειών. Οι πραγματικές απώλειες και ο ILI μικραίνουν όσο αυξάνουν τα σφάλματα των μετρητών όπως φαίνεται και στο σχήμα Γ-4.18. Παρουσιάζουν την ίδια ποσοστιαία μεταβολή ανεξάρτητα από τον αριθμό των συνδέσεων αλλά διαφορετική για κάθε έτος. Οι μεγαλύτερες ποσοστιαίες μεταβολές παρουσιάζονται το 2002 και οι μικρότερες το 2001. Αντίθετα με τις εμφανείς απώλειες, οι μεταβολές των πραγματικών απωλειών και του ILI μεγαλώνουν όσο αυξάνεται το ποσοστό των σφαλμάτων των μετρητών (σχήμα Γ-4.18).

Στο 2<sup>ο</sup> εξάμηνο του 2002 παρουσιάζονται μεγάλες ποσοστιαίες μεταβολές μέχρι και 62,15%. Αυτό οφείλεται στο σφάλμα των μετρήσεων από την Δ.Ε.Υ.Α. Κω που παρατηρείται το 2002 και μάλιστα στο 2<sup>ο</sup> εξάμηνο.



Σχήμα Γ-4.17. Ποσοστιαία μεταβολή των εμφανών απωλειών για κάθε ποσοστιαία μεταβολή των ανακριβειών των μετρήσεων





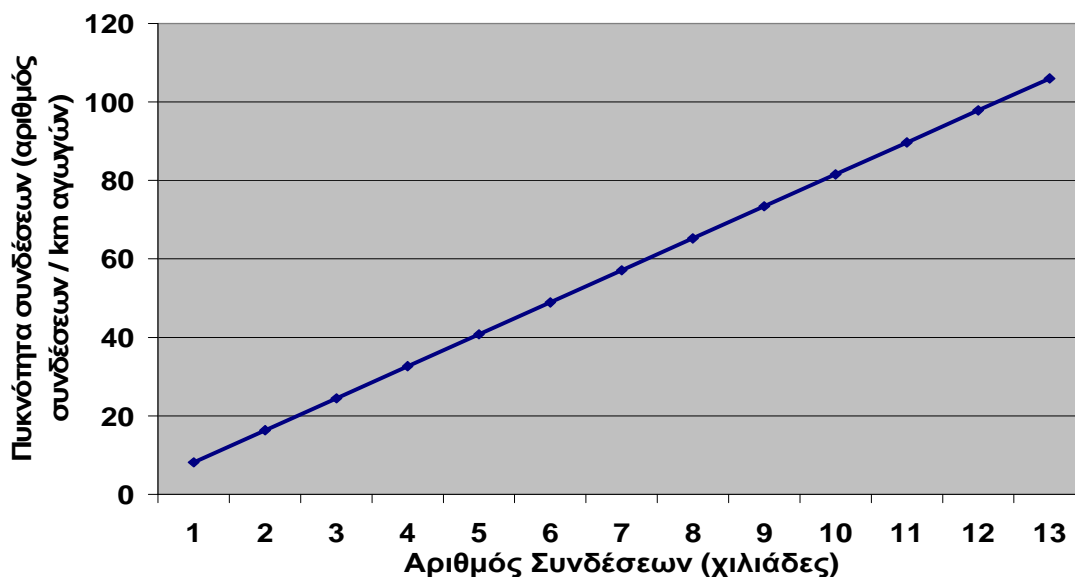
**Σχήμα Γ-4.18.** Ποσοστιαία μεταβολή των πραγματικών απωλειών και του ΠΙ για κάθε ποσοστιαία μεταβολή των ανακριβειών των μετρήσεων για (α) το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο και (β) το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο

#### Γ-4.5.3 Αριθμός συνδέσεων

Ο αριθμός των συνδέσεων είναι άγνωστος για τις περισσότερες Δ.Ε.Υ.Α. της χώρας. Για την περίπτωση της Κω είναι γνωστό ότι υπάρχουν 12.364 μετρητές. Η πόλη είναι δομημένη διαφορετικά στο κέντρο όπου υπάρχουν συγκροτήματα πολυκατοικιών και διαφορετικά στις συνοικίες όπου τα κτίρια είναι μονοκατοικίες ή διώροφα, με αποτέλεσμα μία σύνδεση να τροφοδοτεί πολλούς μετρητές ή και λίγους. Η πληροφόρηση από την Δ.Ε.Υ.Α.Κ. ήταν ότι μία σύνδεση μπορεί να τροφοδοτεί και δύο ή τρεις οικοδομές. Επομένως απαιτείται ανάλυση ευαισθησίας σχετικά με τον αριθμό των συνδέσεων.

Θεωρήθηκε ότι ο αριθμός των συνδέσεων θα μπορούσε να είναι μεταξύ 1.000 και 13.000 συνδέσεων που αντιπροσωπεύει από 8,1% έως 100,0% των συνολικών μετρητών. Η πυκνότητα των συνδέσεων επηρεάζεται έχοντας σαν αποτέλεσμα την επιλογή διαφορετικού δείκτη απόδοσης της λειτουργίας του δικτύου (σχήμα Γ-4.19). Η πυκνότητα των συνδέσεων ξεπερνά τις 20 συνδέσεις ανά km αγωγών όταν ο αριθμός των συνδέσεων είναι μεγαλύτερος από 2.453 συνδέσεις.

Στην προσπάθεια υπολογισμού του αριθμού των συνδέσεων σε όσο το δυνατό πιο στενό εύρος έγινε προσπάθεια καταμέτρησης των συνδέσεων με βάση τα αρχεία αποστολής λογαριασμών στους πελάτες της Δ.Ε.Υ.Α.Κ. ανά περιοχή και οδό και προέκυψε ότι ο αριθμός των συνδέσεων είναι μεταξύ 3.000 και 7.000 συνδέσεων. Άρα η πυκνότητα των συνδέσεων κυμαίνεται μεταξύ 24,5 και 57,1 συνδέσεις ανά km αγωγών που είναι μεγαλύτερες από 20 συνδέσεις ανά km αγωγών. Επομένως για τον υπολογισμό των δεικτών απόδοσης θα λαμβάνεται υπόψη η περίπτωση της πυκνότητας συνδέσεων μεγαλύτερης των 20 συνδέσεων ανά km αγωγών.



Σχήμα Γ-4.19. Μεταβολή της πυκνότητας συνδέσεων με τον αριθμό συνδέσεων

#### Γ-4.5.4 Infrastructure Leakage Index (ILI)

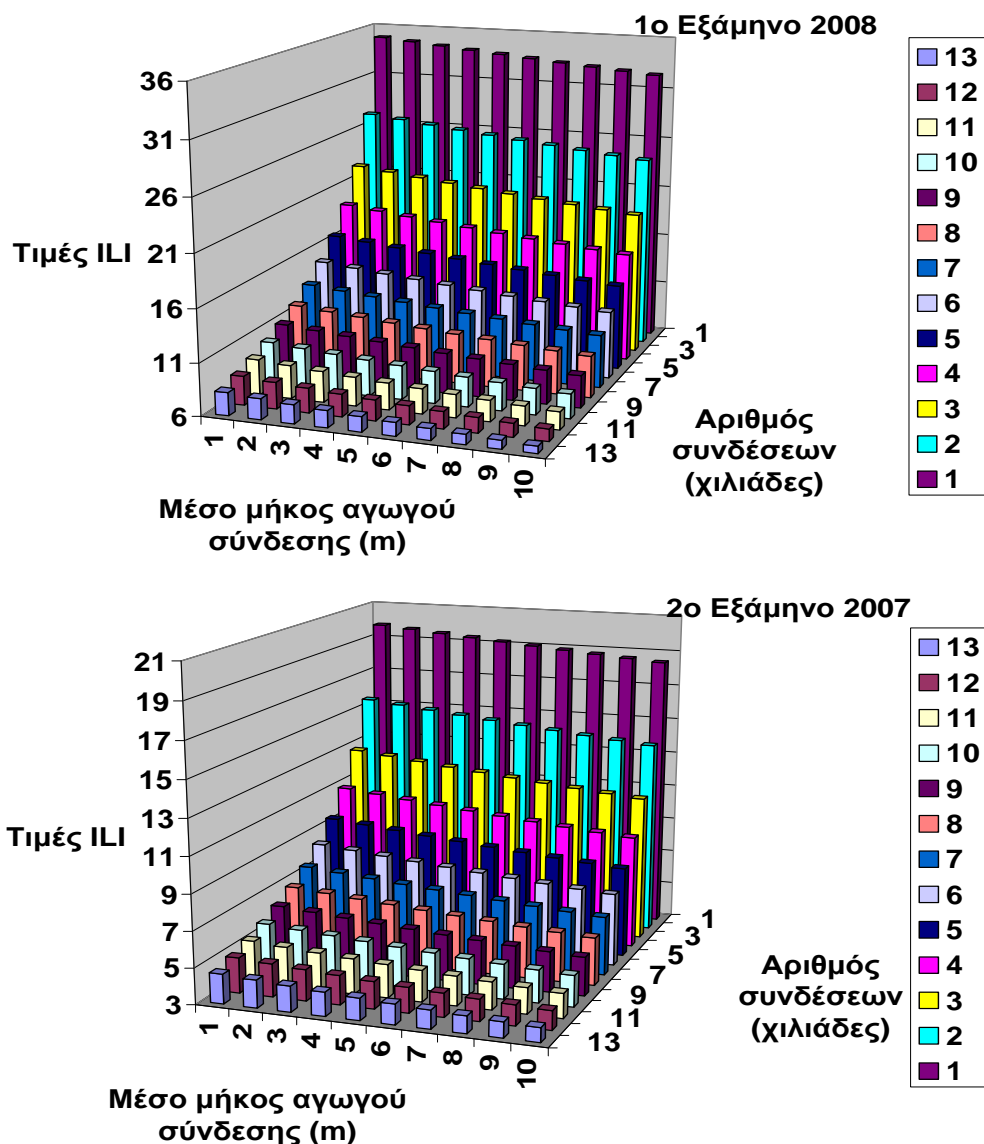
Για τον υπολογισμό του ILI πρέπει να υπολογιστεί οι UARL δηλαδή οι αναπόφευκτες απώλειες. Ο τύπος που υπολογίζει τις UARL δίνεται στο κεφάλαιο Β-4.4 (τύπος 4.1). Είναι προφανές ότι οι UARL εξαρτώνται από τον αριθμό των συνδέσεων, το μήκος της σύνδεσης και τη μέση πίεση.

Το μήκος της σύνδεσης επίσης εξαρτάται από την τοποθεσία και την παλαιότητα των οικοδομών. Έχει επιλεγεί μέσο μήκος σύνδεσης 7m. Από την ανάλυση ευαισθησίας προέκυψε ότι εάν το μήκος σύνδεσης κυμαίνεται από 1 έως 10m δεν επηρεάζει την τιμή του ILI. Παρατηρείται μικρή μείωση των τιμών του ILI όσο αυξάνει το μέσο μήκος του αγωγού σύνδεσης (σχήμα Γ-4.20).

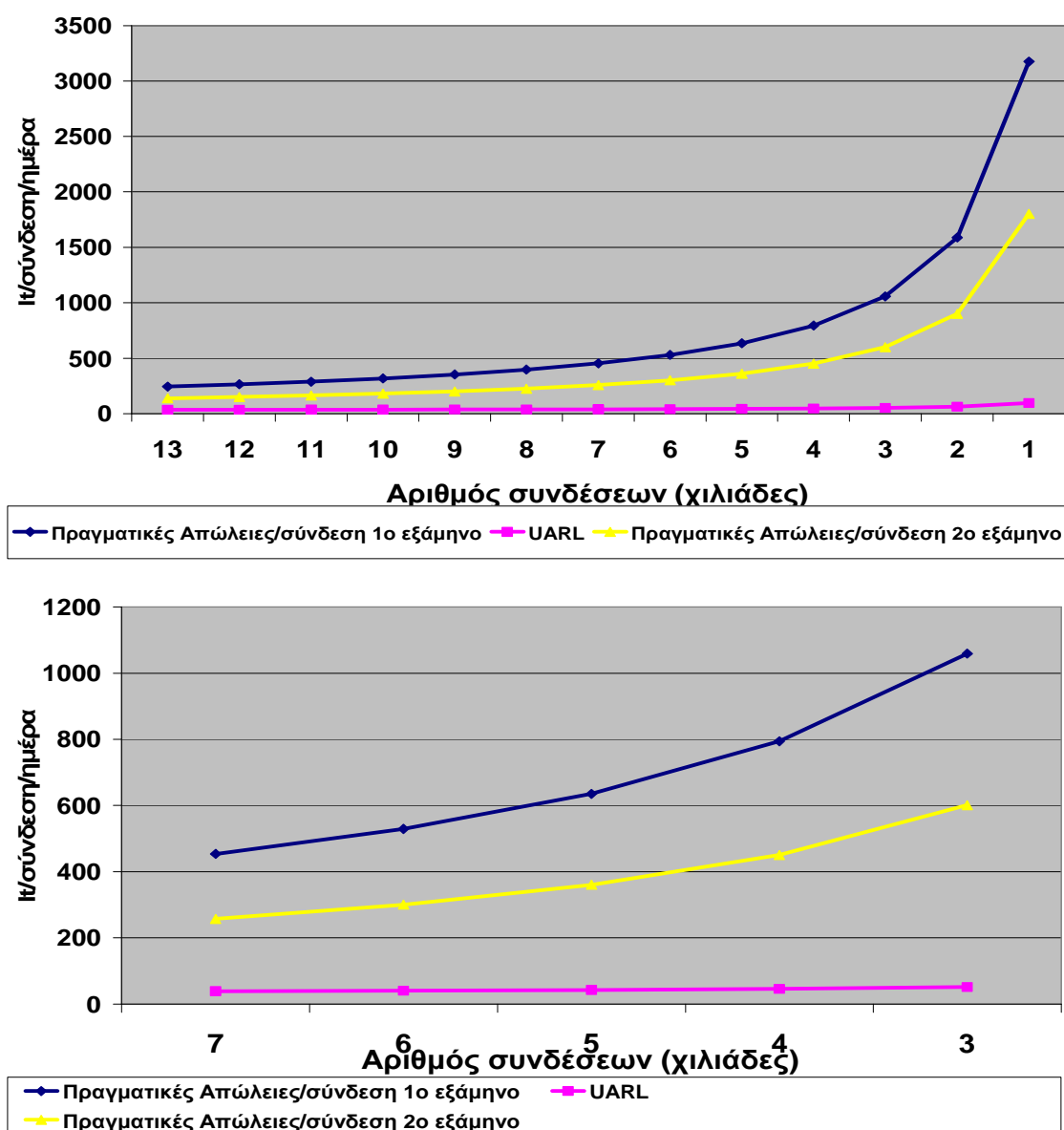
Η πόλη της Κω δεν παρουσιάζει μεγάλες υψομετρικές διαφορές. Το υψόμετρο της κυμαίνεται από 0 – 50 m. Η πόλη υδροδοτείται σε δύο ζώνες την χαμηλή με πίεση λειτουργίας από 0-5 atm και την υψηλή με πίεση λειτουργίας από 0-5,5 atm. Επομένως θεωρήθηκε σαν μέση πίεση λειτουργίας τα 30m.

Στο σχήμα Γ-4.21 φαίνονται οι Πραγματικές Απώλειες ανά σύνδεση και οι UARL για διαφορετικό αριθμό συνδέσεων, στο πρώτο διάγραμμα για εύρος αριθμού συνδέσεων από 1.000 έως 13.000 και στο δεύτερο διάγραμμα από 3.000 έως 7.000 συνδέσεις.



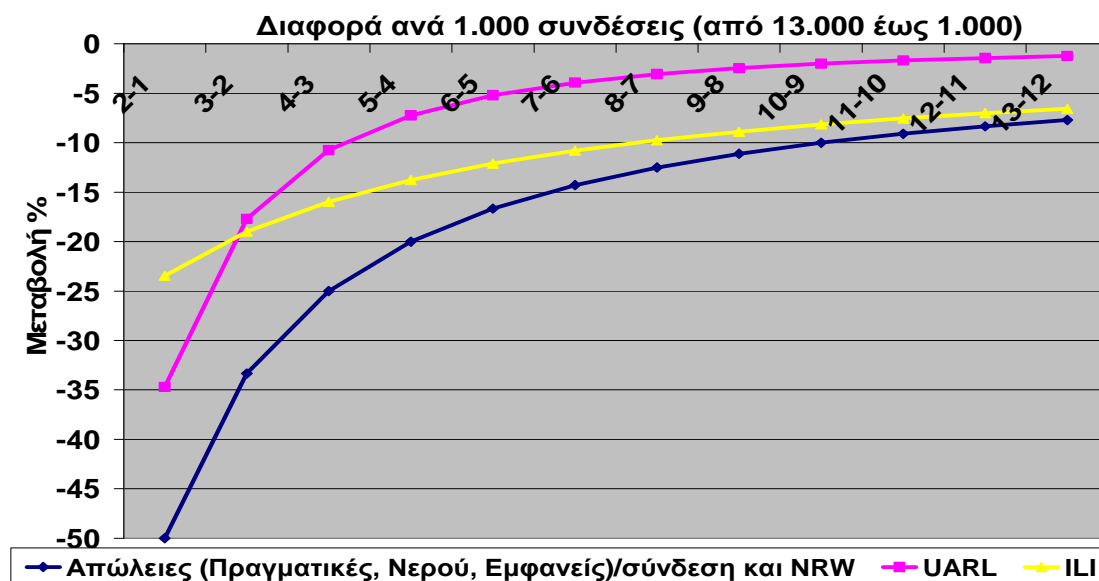


Σχήμα Γ-4.20. Μεταβολή των τιμών του ILI ανάλογα με το μέσο μήκος αγωγού σύνδεσης από 1-10m και για 1.000-13.000 συνδέσεις για (α) το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο του 2008 και (β) το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο του 2007



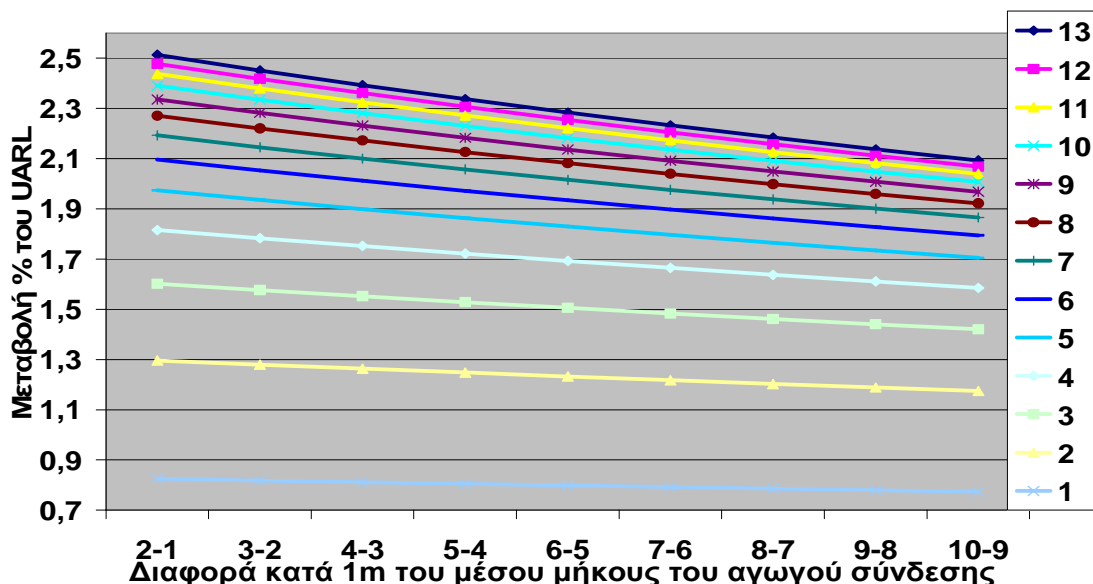
**Σχήμα Γ-4.21.** Πραγματικές Απώλειες και UARL ανά σύνδεση για εύρος αριθμού συνδέσεων (α) από 1.000 έως 13.000 και (β) από 3.000 έως 7.000

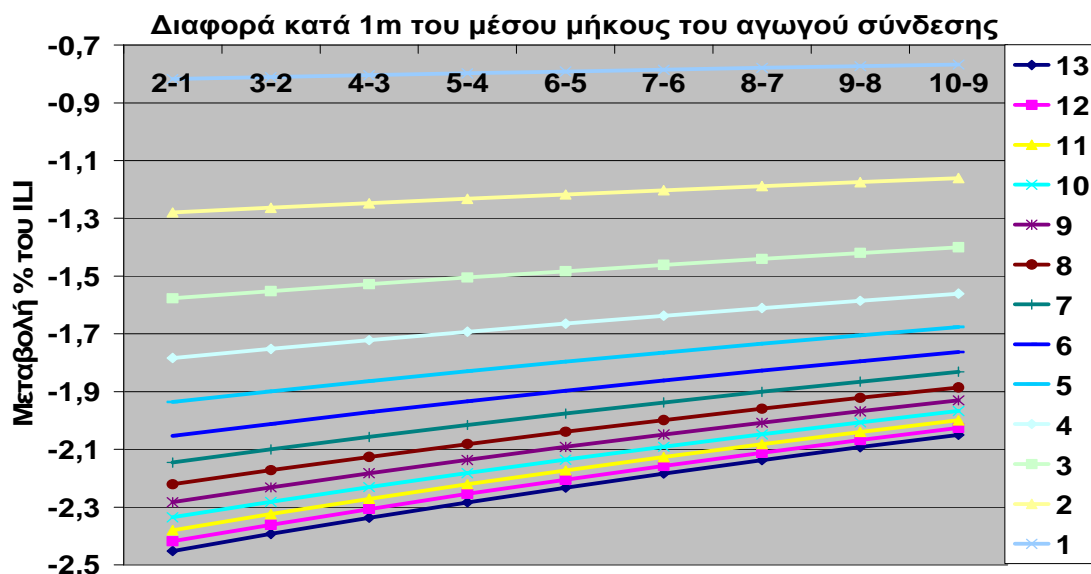
Στο σχήμα Γ-4.22 παρουσιάζονται οι ποσοστιαίες μεταβολές των απωλειών νερού ανά σύνδεση, των πραγματικών απωλειών ανά σύνδεση, των εμφανών απωλειών ανά σύνδεση, του NRW (lt/σύνδεση/έτος), των UARL και του ILI. Όλα τα είδη των απωλειών ανά σύνδεση (νερού, πραγματικές, εμφανείς) και το NRW παρουσιάζουν τις ίδιες ποσοστιαίες μεταβολές για μεταβολή αριθμού συνδέσεων ανά 1.000 συνδέσεις. Οι τιμές όλων των δεικτών μικραίνουν όσο αυξάνεται ο αριθμός των συνδέσεων γι' αυτό και οι διαφορές τους είναι αρνητικές. Οι μεγαλύτερες όμως διαφορές παρατηρούνται σε μικρούς αριθμούς συνδέσεων και μειώνονται όσο αυξάνεται ο αριθμός των συνδέσεων. Την μεγαλύτερη διακύμανση την παρουσιάζουν οι μεταβολές των απωλειών ανά σύνδεση (από -50,0 έως -7,7%). Οι UARL έχουν μικρότερη διακύμανση από -34,7% έως -1,2% ενώ ο ILI παρουσιάζει ακόμη μικρότερη διακύμανση (από -23,5 έως -6,6%).



Σχήμα Γ-4.22. Ποσοστιαία μεταβολή των δεικτών απόδοσης ανά 1.000 συνδέσεις

Στο σχήμα Γ-4.23 παρουσιάζονται οι ποσοστιαίες μεταβολές των UARL και του ILI για μεταβολή κατά 1m του μέσου μήκους του αγωγού σύνδεσης για αριθμό συνδέσεων από 1.000 έως 13.000. Οι ποσοστιαίες μεταβολές των UARL είναι μεγαλύτερες σε μικρότερα μέσα μήκη αγωγών σύνδεσης και μειώνονται σταδιακά. Οι UARL αυξάνονται όσο αυξάνεται το μέσο μήκος του αγωγού σύνδεσης ενώ ο ILI μειώνεται. Γι' αυτό οι ποσοστιαίες μεταβολές του ILI είναι αρνητικές. Μεγάλες ποσοστιαίες μεταβολές παρατηρούνται σε μικρά μήκη αγωγών σύνδεσης (σχήμα Γ-4.23).





Σχήμα Γ-4.23. Ποσοστιαία μεταβολή (α) των UARL και (β) του ILI ανά 1m μέσο μήκος αγωγού σύνδεσης

#### Γ-4.6 Δείκτες Απόδοσης - Απώλειες Νερού

Οι απώλειες νερού μετρούνται σε όγκο απωλειών νερού (m<sup>3</sup>/εξάμηνο) και σε αξία απωλειών νερού (€/εξάμηνο). Αυτοί οι δείκτες φαίνονται στα σχήματα Γ-4.24 και Γ-4.25. Οι απώλειες νερού μετρούνται επίσης ανά σύνδεση (Op23) για διαφορετικό αριθμό συνδέσεων (σχήμα Γ-4.26) και ανά μήκος αγωγών (Op24) (αν και ο δείκτης Op24 προσφέρεται όταν η πυκνότητα των συνδέσεων είναι μικρότερη των 20 συνδέσεων ανά km αγωγών) (σχήμα Γ-4.27). Η μέση τιμή χρέωσης του νερού λαμβάνεται υπόψη για τον υπολογισμό της αξίας των απωλειών νερού. Η μέση τιμή προέκυψε από τη διαίρεση των εσόδων της Δ.Ε.Υ.Α.Κ. από τους λογαριασμούς των πελατών της με την ποσότητα νερού που καταναλώθηκε στο αντίστοιχο διάστημα. Η μέση τιμή χρέωσης για την περίπτωση της Κω φαίνεται στον πίνακα Γ-4.6.

Πίνακας Γ-4.6. Μέση τιμή χρέωσης νερού από την Δ.Ε.Υ.Α.Κ. ανά εξάμηνο

Εξάμηνο	Μέση τιμή (€/m <sup>3</sup> )	Εξάμηνο	Μέση τιμή (€/m <sup>3</sup> )	Εξάμηνο	Μέση τιμή (€/m <sup>3</sup> )
1/1999	1,22	2/2002	1,31	1/2006	1,52
2/1999	1,25	1/2003	1,25	2/2006	1,53
1/2000	1,65	2/2003	1,24	1/2007	1,61
2/2000	1,30	1/2004	1,47	2/2007	1,57
1/2001	1,29	2/2004	1,34	1/2008	1,64
2/2001	1,25	1/2005	1,39		
1/2002	1,25	2/2005	2,06		

Από το σχήμα Γ-4.24 φαίνεται ότι και στις δύο περιπτώσεις του 1<sup>ου</sup> και 2<sup>ου</sup> εξαμήνου ο όγκος των απωλειών νερού παρουσιάζει αυξομειώσεις με τάση μείωσης για το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο.

Η μεγαλύτερη τιμή του όγκου των απωλειών για το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο παρουσιάζεται το 2001 (1.585.290 m<sup>3</sup>/εξάμηνο) και η μικρότερη το 2007 (1.184.552 m<sup>3</sup>/εξάμηνο).

Για τις Πραγματικές Απώλειες η μεγαλύτερη τιμή τους είναι 962.024 m<sup>3</sup>/εξάμηνο για το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο 2001 και η μικρότερη είναι 422.352 m<sup>3</sup>/εξάμηνο για το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο 2007.

Ο όγκος τους νερού που αποδίδει έσοδα παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή του το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο 2005 και είναι 798.779 m<sup>3</sup>/εξάμηνο και τη μικρότερη τιμή του το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο 2001 και είναι 495.149 m<sup>3</sup>/εξάμηνο (σχήμα Γ-4.24).

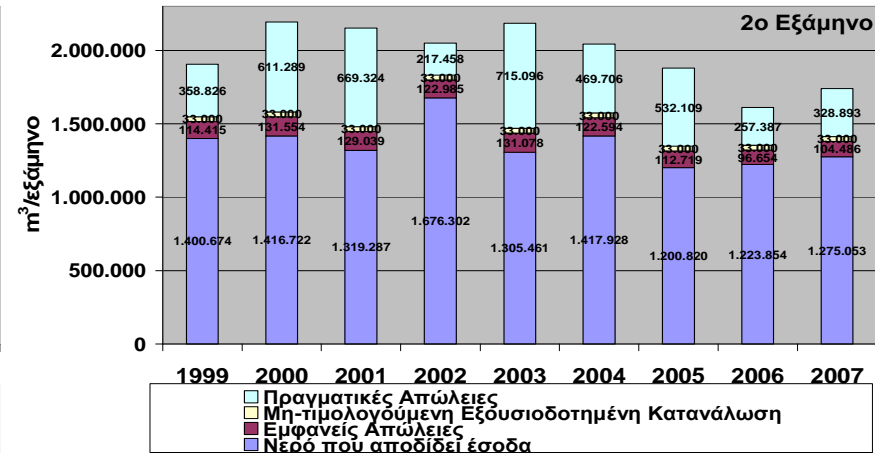
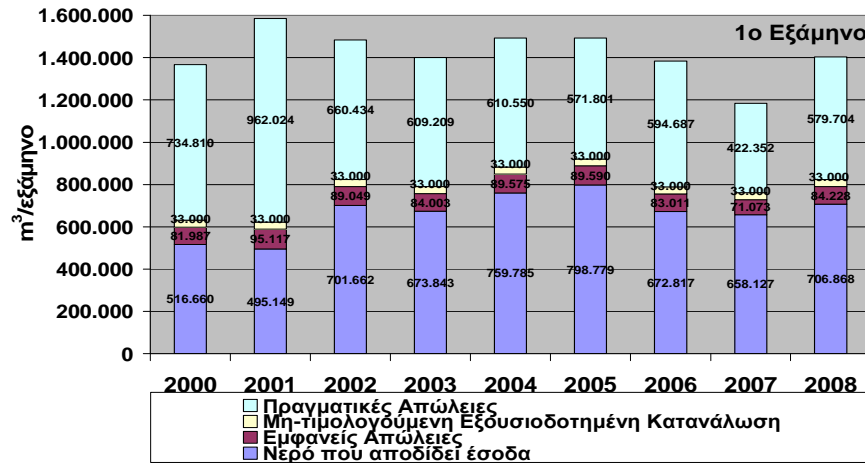
Για το δεύτερο εξάμηνο, η μεγαλύτερη τιμή του όγκου των απωλειών του νερού παρουσιάζεται το 2000 (2.192.565 m<sup>3</sup>/εξάμηνο) και η μικρότερη το 2006 (1.610.895 m<sup>3</sup>/εξάμηνο).

Είναι προφανές ότι οι μεγαλύτερες απώλειες νερού εμφανίζονται στο δεύτερο εξάμηνο σε σχέση με το πρώτο κάθε έτους αφού τότε παρουσιάζεται και η μεγαλύτερη κατανάλωση.

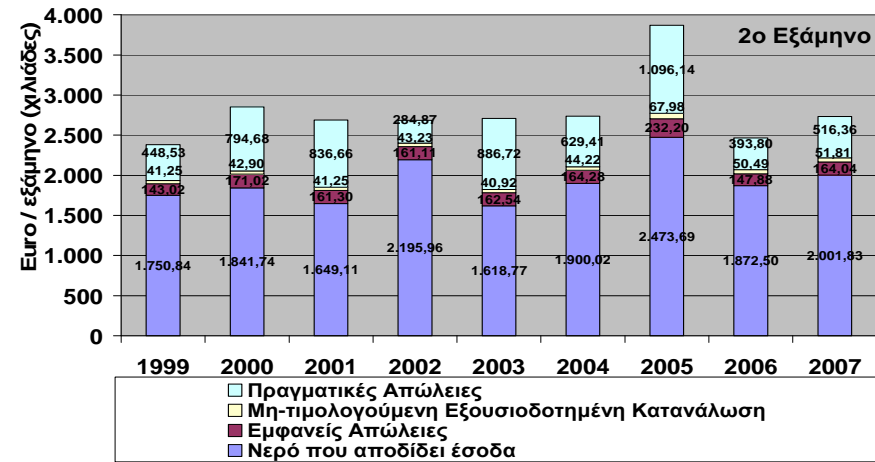
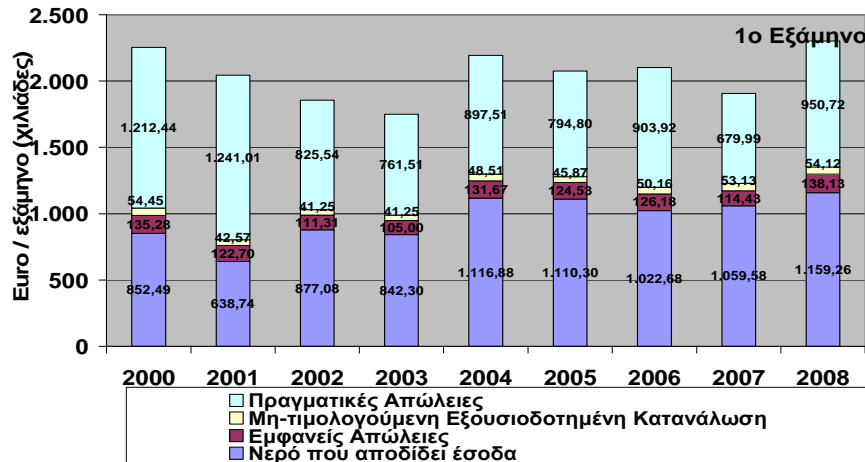
Η μεγαλύτερη τιμή των πραγματικών απωλειών παρουσιάζεται το 2003 και είναι 715.096 m<sup>3</sup>/εξάμηνο και η μικρότερη τιμή το 2006 και είναι 257.387 m<sup>3</sup>/εξάμηνο.

Όσον αφορά τον όγκο του νερού που αποδίδει έσοδα η μεγαλύτερη τιμή του είναι το 2002, 1.676.302 m<sup>3</sup>/εξάμηνο και η μικρότερη τιμή του το 2005, 1.200.820 m<sup>3</sup>/εξάμηνο (σχήμα Γ-4.24).

Η αξία των απωλειών του νερού υπολογίστηκε πολλαπλασιάζοντας τον όγκο των απωλειών με την μέση τιμή χρέωσης του νερού (πίνακας Γ-4.6). Οι μέσες τιμές του νερού ποικίλλουν από εξάμηνο σε εξάμηνο παρουσιάζοντας μάλιστα σε κάποια εξάμηνα μεγάλη απόκλιση, για παράδειγμα το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο 2000 που η μέση τιμή είναι 1,65 €/m<sup>3</sup> και το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο 2005 που η μέση τιμή είναι 2,06 €/m<sup>3</sup>. Γι' αυτό το λόγο η αξία των απωλειών νερού δεν ακολουθεί την ίδια αυξανόμενη ή μειούμενη πορεία όπως ο όγκος των απωλειών του νερού. Για το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο η μεγαλύτερη τιμή της αξίας των απωλειών νερού παρουσιάστηκε το 2008 (2.302,23 χιλιάδες €εξάμηνο) και η μικρότερη το 2003 (1.750,07 χιλιάδες €εξάμηνο). Η αξία των πραγματικών απωλειών παίρνει τη μεγαλύτερη τιμή της το 2001 και είναι 1.241,01 χιλιάδες €εξάμηνο και την μικρότερη τιμή της το 2007 και είναι 679,99 χιλιάδες €εξάμηνο, όπως και ο όγκος των πραγματικών απωλειών. Η αξία του νερού που αποδίδει έσοδα στην Δ.Ε.Υ.Α.Κ. παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή του το 2008 και είναι 1.159,26 χιλιάδες €εξάμηνο και τη μικρότερη το 2001 και είναι 638,74 χιλιάδες €εξάμηνο (σχήμα Γ-4.25). Για το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο, η αξία των απωλειών νερού παίρνει τη μεγαλύτερη τιμή της και μάλιστα με διαφορά από τα υπόλοιπα εξάμηνα το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο του 2005 (3.870,01 χιλιάδες €εξάμηνο) και τη μικρότερη τιμή της το 1999 (2.383,64 χιλιάδες €εξάμηνο). Και πάλι η αξία των απωλειών είναι μεγαλύτερη στο 2<sup>ο</sup> εξάμηνο κάθε έτους σε σχέση με το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο. Το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο του 2005 η μέση τιμή του νερού είναι πολύ μεγαλύτερη από τα υπόλοιπα εξάμηνα. Η αξία των πραγματικών απωλειών παίρνει τη μεγαλύτερη τιμή της το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο του 2005 και είναι 1.096,14 χιλιάδες €εξάμηνο και τη μικρότερη το 2002 και είναι 284,87 χιλιάδες €εξάμηνο. Η αξία του νερού που αποδίδει έσοδα παίρνει τη μεγαλύτερη τιμή της το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο του 2005 και είναι 2.473,69 χιλιάδες €εξάμηνο και τη μικρότερη τιμή της το 2003 και είναι 1.618,77 χιλιάδες €εξάμηνο (σχήμα Γ-4.25).

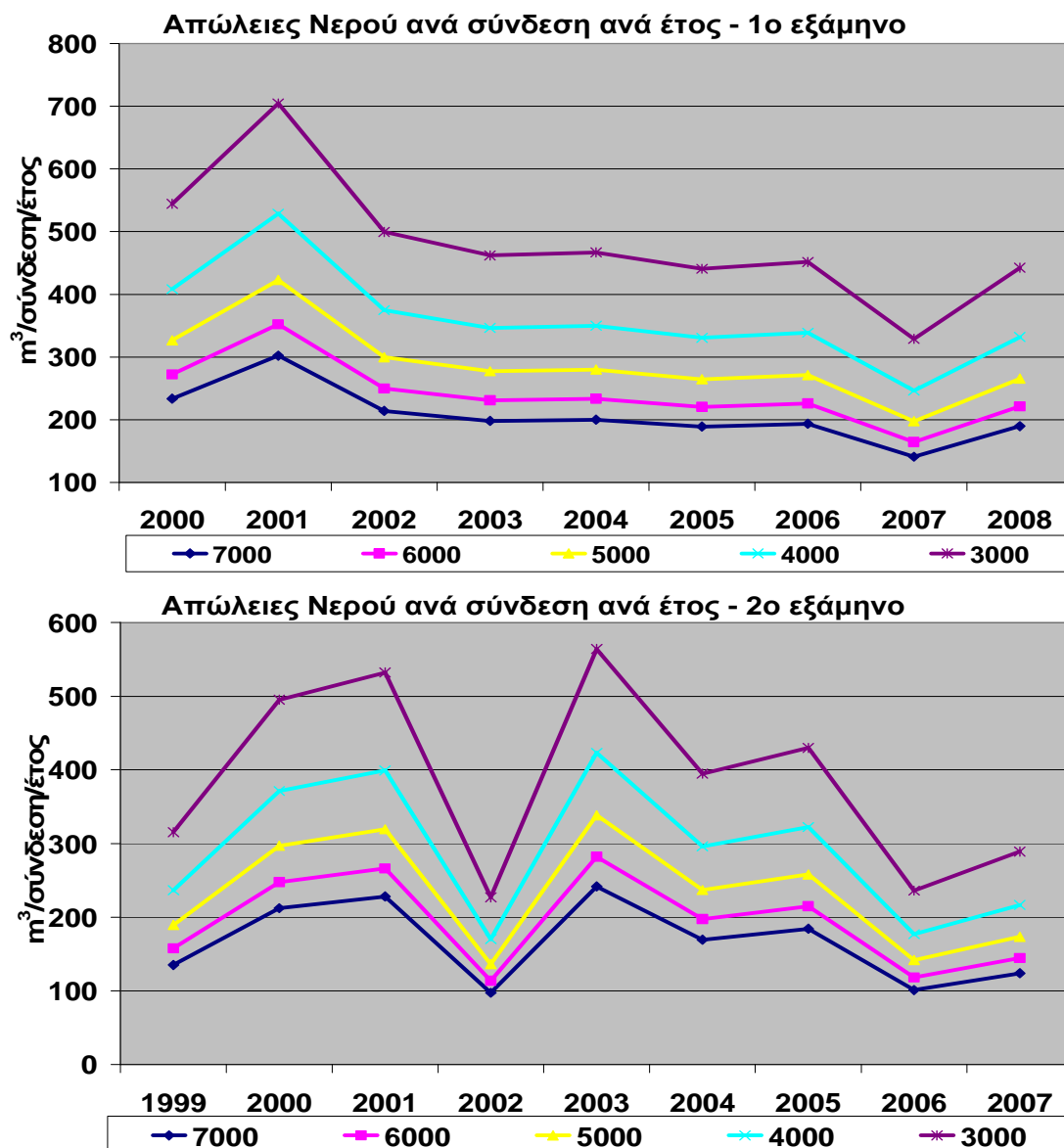


Σχήμα Γ-4.24. Όγκος απωλειών νερού ανά εξάμηνο για το (α) 1<sup>ο</sup> εξάμηνο και (β) 2<sup>ο</sup> εξάμηνο



Σχήμα Γ-4.25. Αξία απωλειών νερού ανά εξάμηνο για το (α) 1<sup>ο</sup> εξάμηνο και (β) 2<sup>ο</sup> εξάμηνο

Οι απώλειες νερού ανά σύνδεση ανά έτος μειώνονται όσο αυξάνεται ο αριθμός των συνδέσεων. Για το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο παρατηρείται μία μέγιστη τιμή το 2001 και μία ελάχιστη τιμή το 2007 για οποιοδήποτε αριθμό συνδέσεων, όπως παρουσίασε και ο όγκος των απωλειών νερού. Για το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο η μέγιστη τιμή παρατηρείται το 2003 και η ελάχιστη το 2002 για οποιοδήποτε αριθμό συνδέσεων (σχήμα Γ-4.26). Για το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο υπάρχει διαφοροποίηση στις μέγιστες και ελάχιστες τιμές σε σχέση με τον όγκο των απωλειών νερού και αυτό ίσως να οφείλεται στο ότι οι απώλειες νερού ανά σύνδεση ανάγονται σε ετήσια βάση, ενώ ο όγκος των απωλειών νερού υπολογίζεται σε εξαμηνιαία βάση.

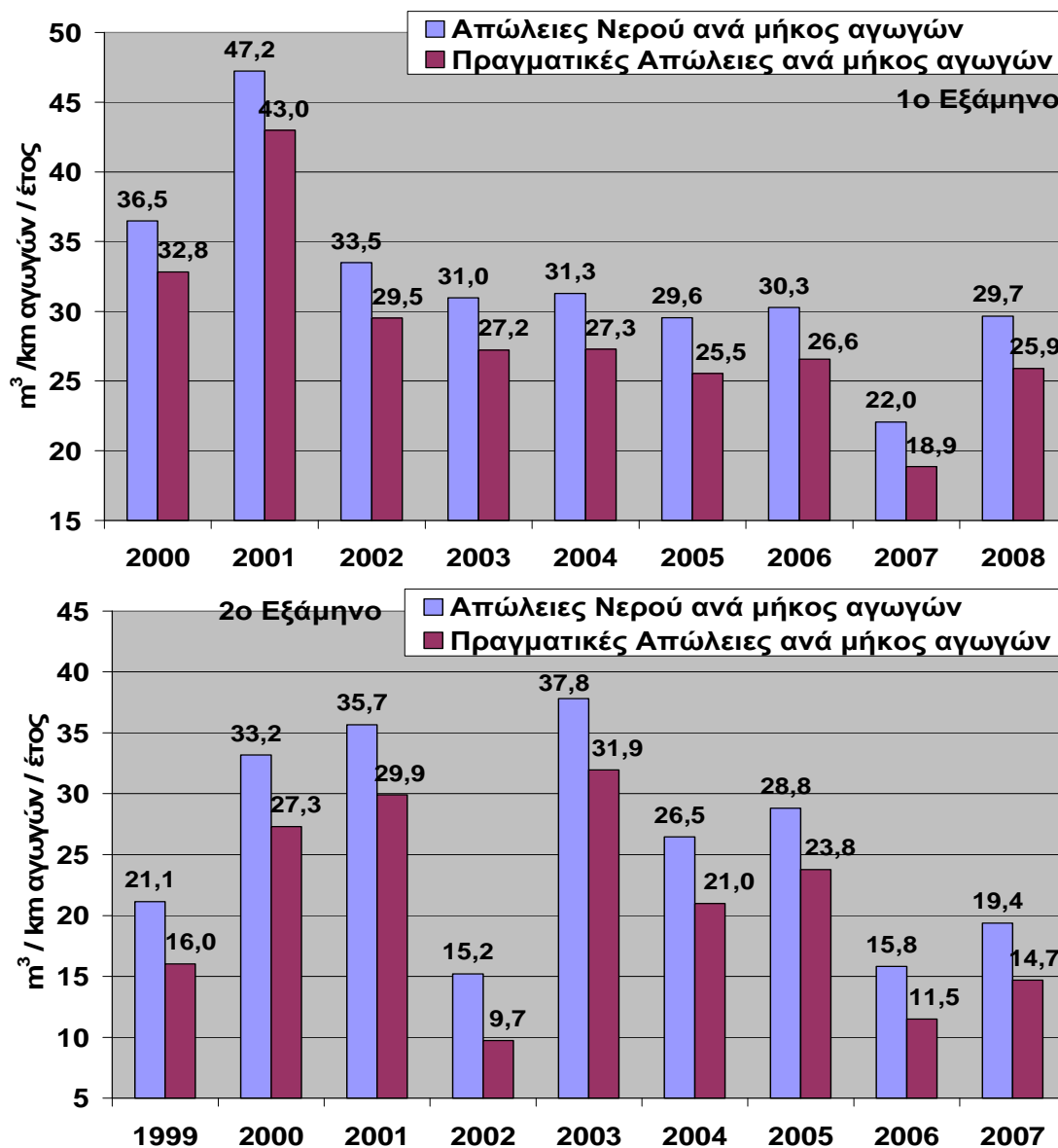


Σχήμα Γ-4.26. Απώλειες νερού ανά σύνδεση ανά έτος για το (α) 1<sup>ο</sup> εξάμηνο και (β) 2<sup>ο</sup> εξάμηνο

Οι απώλειες νερού και οι πραγματικές απώλειες ανά μήκος αγωγών φαίνονται στο σχήμα Γ-4.27. Οι μέγιστες τιμές των απωλειών νερού και των πραγματικών απωλειών ανά

μήκος αγωγών για το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο παρατηρούνται το 2001 και είναι αντίστοιχα 47,0 και 43,0 m<sup>3</sup>/km/έτος, ενώ οι ελάχιστες τιμές παρατηρούνται το 2007 και είναι αντίστοιχα 22,0 και 18,9 m<sup>3</sup>/km/έτος.

Για το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο οι μέγιστες τιμές των απωλειών νερού και των πραγματικών απωλειών παρατηρούνται το 2003 και είναι 37,8 και 31,9 m<sup>3</sup>/km/έτος αντίστοιχα, ενώ οι ελάχιστες τιμές παρατηρούνται το 2002 και είναι 15,2 και 9,7 m<sup>3</sup>/km/έτος αντίστοιχα.

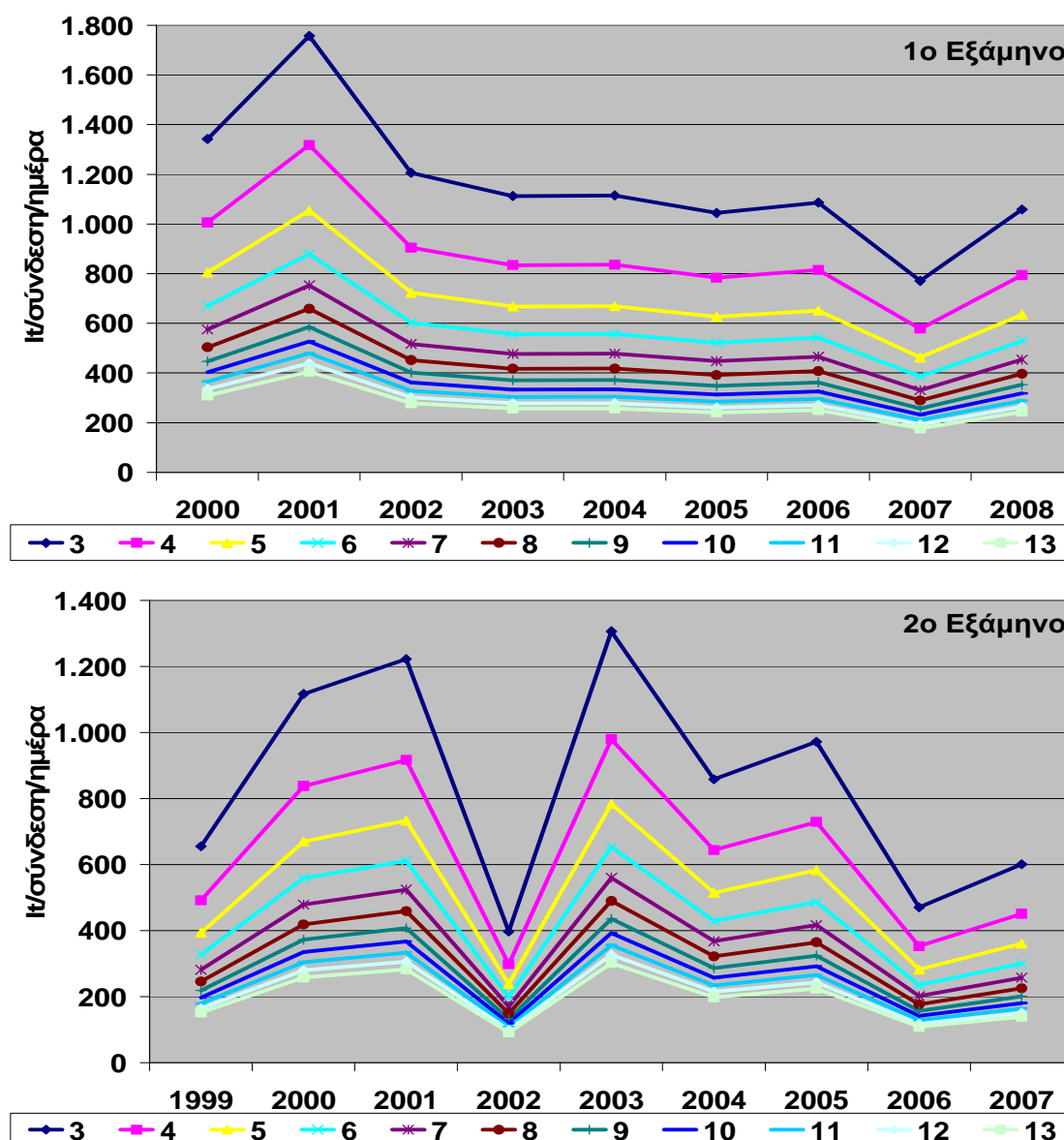


Σχήμα Γ-4.27. Απώλειες νερού και πραγματικές απώλειες ανά μήκος αγωγών ανά έτος για το (α) 1<sup>ο</sup> εξάμηνο και (β) 2<sup>ο</sup> εξάμηνο

Στο σχήμα Γ-4.28 παρουσιάζονται οι πραγματικές απώλειες ανά σύνδεση ανά ημέρα. Παρουσιάζουν μέγιστες τιμές το 2001 και ελάχιστες τιμές το 2007 για το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο όπως και ο αντίστοιχος δείκτης των πραγματικών απωλειών ανά μήκος αγωγών. Για το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο



οι μέγιστες τιμές παρουσιάζονται το 2003 και οι ελάχιστες το 2002 όπως και ο δείκτης των πραγματικών απωλειών ανά μήκος αγωγών.



Σχήμα Γ-4.28. Πραγματικές απώλειες ανά σύνδεση ανά ημέρα για το (α) 1<sup>ο</sup> εξάμηνο και (β) 2<sup>ο</sup> εξάμηνο

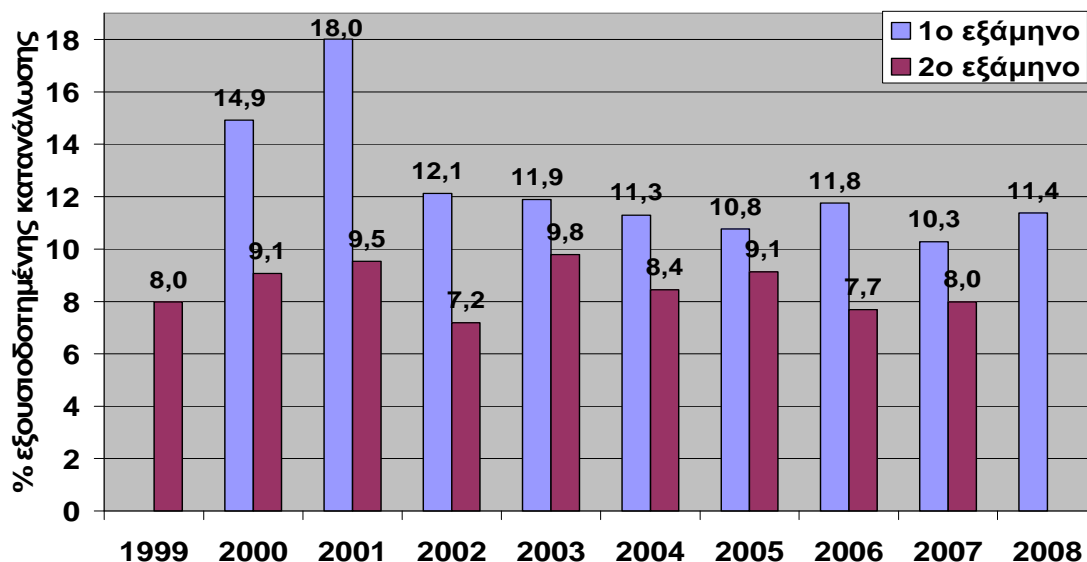
### Γ-4.7 Δείκτες Απόδοσης - Εμφανείς Απώλειες

Ένας δείκτης των εμφανών απωλειών είναι οι εμφανείς απώλειες ανά όγκο εισερχόμενου νερού στο δίκτυο (Op26), ο οποίος όμως χρησιμοποιείται σε συστήματα που η πυκνότητα των συνδέσεων είναι μικρότερη από 20 συνδέσεις ανά km αγωγών.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση ο λόγος των εμφανών απωλειών προς τον όγκο του εισερχόμενου νερού είναι σταθερός αφού οι εμφανείς απώλειες προκύπτουν σαν ποσοστό του

εισερχόμενου νερού (1% και 5% είναι οι απώλειες των παράνομων συνδέσεων και των λαθών των μετρητών αντίστοιχα).

Επομένως επιλέχθηκαν οι δείκτες των εμφανών απωλειών σαν % της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης (σχήμα Γ-4.29) και οι εμφανείς απώλειες σε lt/σύνδεση/ημέρα για αριθμό συνδέσεων από 3.000 έως 7.000 (σχήμα Γ-4.30).



**Σχήμα Γ-4.29.** Εμφανείς απώλειες σαν % της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης και για τα δύο εξάμηνα

Από τα σχήματα Γ-4.29 και Γ-4.30 προκύπτουν οι εμφανείς απώλειες ως % της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης (σχήμα Γ-4.29) και σε lt/σύνδεση/ημέρα (σχήμα Γ-4.30) για εύρος συνδέσεων από 3.000 έως 7.000 συνδέσεις.

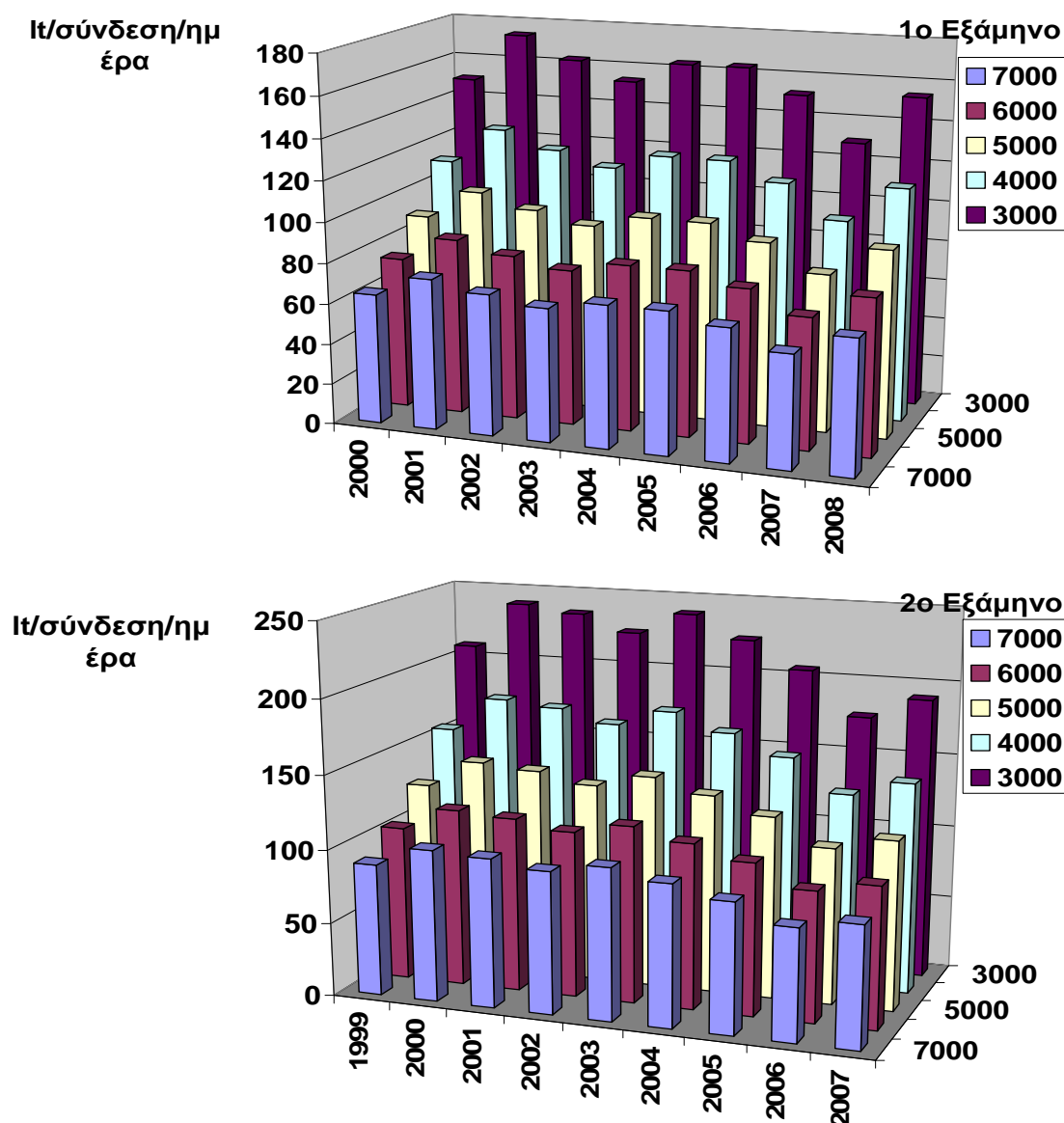
Για το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο οι εμφανείς απώλειες ως % της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης παρουσιάζουν τη μέγιστη τιμή τους το 2001 που είναι 18,0% και την ελάχιστη το 2007 και είναι 10,3%. Τα ίδια χρονικά διαστήματα παρουσιάζουν τις μέγιστες και τις ελάχιστες τιμές τους οι εμφανείς απώλειες όταν μετρούνται σε lt/σύνδεση/ημέρα. Όσο αυξάνεται ο αριθμός των συνδέσεων τόσο μικραίνει ο δείκτης των εμφανών απωλειών.

Για το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο, οι εμφανείς απώλειες όταν εκφράζονται ως % της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης παρουσιάζουν τη μέγιστη τιμή τους το 2003 η οποία είναι 9,8% και την ελάχιστη τιμή τους το 2002 που είναι 7,2%. Όταν εκφράζονται σε lt/σύνδεση/ημέρα παρουσιάζουν τη μέγιστη τιμή τους το 2000 και την ελάχιστη το 2006.

Γενικά παρατηρείται ότι οι εμφανείς απώλειες είναι μεγαλύτερο ποσοστό της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης στο 1<sup>ο</sup> εξάμηνο. Αυτό συμβαίνει γιατί το ποσοστό των εμφανών απωλειών είναι σταθερό και 6% του εισερχόμενου νερού ενώ η εξουσιοδοτημένη κατανάλωση σε σχέση με το εισερχόμενο νερό στο δίκτυο κυμαίνεται για το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο από 33,3% έως 58,3% και για το δεύτερο εξάμηνο από 61,3% έως 83,4%. Αυτό ενισχύει την

κατανομή της μελέτης του δικτύου σε 2 εξάμηνα ανά έτος εξαιτίας του διπλασιασμού του πληθυσμού και κατά συνέπεια της κατανάλωσης.

Όταν εκφράζονται σε It/σύνδεση/ημέρα, οι εμφανείς απώλειες παρουσιάζουν τις μέγιστες τιμές τους το 2001 και τις ελάχιστες το 2007 για το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο (όπως και όταν εκφράζονται σε % της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης). Για το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο οι μέγιστες τιμές παρουσιάζονται το 2000 και οι ελάχιστες το 2006 και διαφέρουν σε σχέση με τον δείκτη του % της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης.

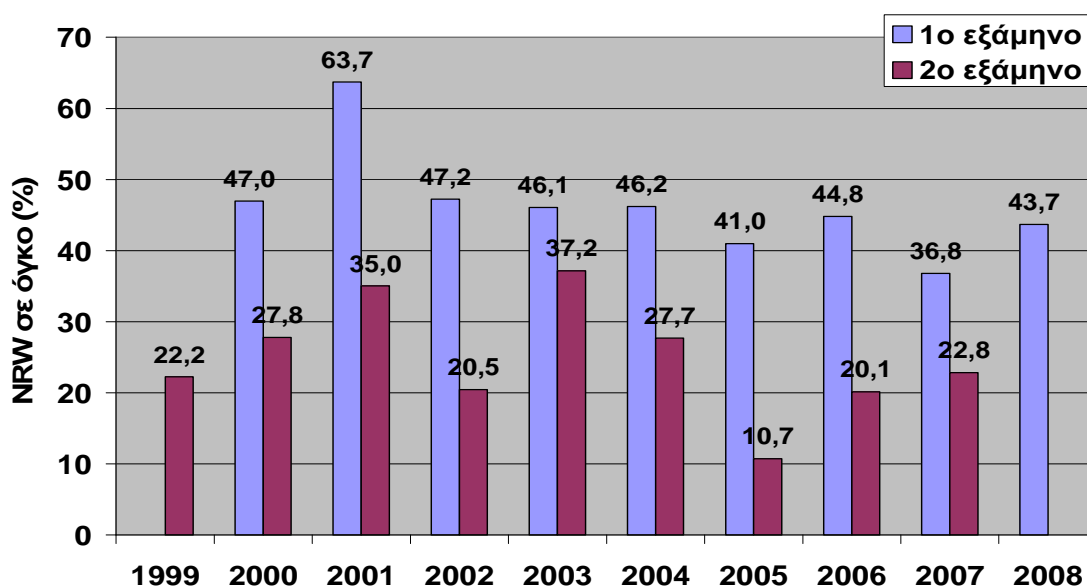


Σχήμα Γ-4.30. Εμφανείς απώλειες σε It/σύνδεση/ημέρα για αριθμό συνδέσεων από 3.000 έως 7.000 για το (α) 1<sup>ο</sup> εξάμηνο και (β) 2<sup>ο</sup> εξάμηνο

### Γ-4.8 Δείκτες Απόδοσης - Μη Ανταποδοτικό Νερό (NRW)

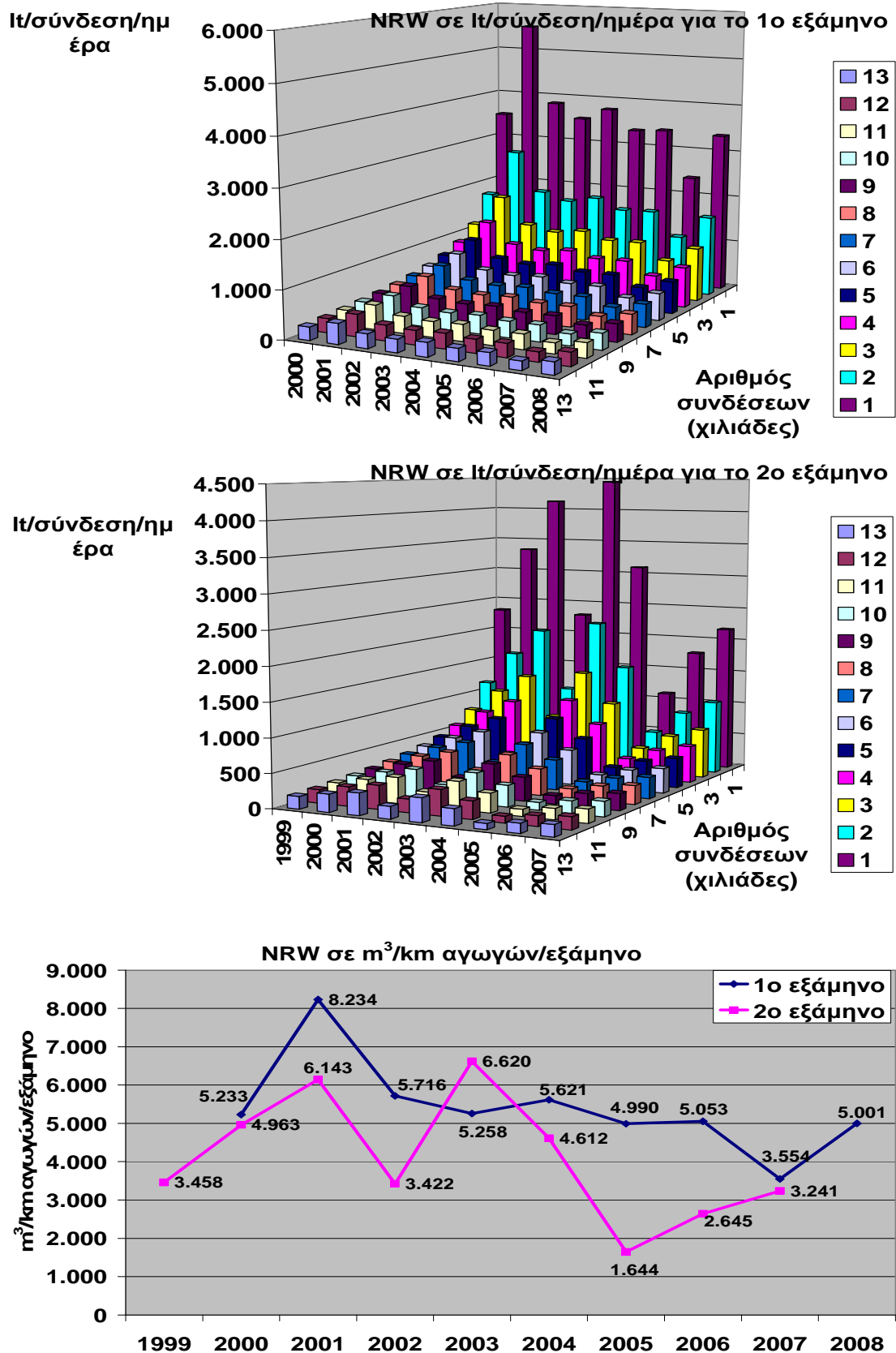
Ο οικονομικός δείκτης των απωλειών νερού είναι το μη ανταποδοτικό νερό (NRW) σε όγκο (Fi46). Ο δείκτης αυτός έχει υπολογιστεί διαιρώντας το μη ανταποδοτικό νερό με τον όγκο του εισερχόμενου νερού στο δίκτυο και για τα δύο εξάμηνα και παρουσιάζεται στο σχήμα Γ-4.31.

Για το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο παρουσιάζει τη μέγιστη τιμή του το 2001 η οποία είναι 63,7% και την ελάχιστη το 2007 και είναι 36,8%. Για το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο η μέγιστη τιμή παρουσιάζεται το 2003 και είναι 37,2% και η ελάχιστη τιμή το 2005 και είναι 10,7%. Στο 1<sup>ο</sup> εξάμηνο το ποσοστό του μη ανταποδοτικού νερού είναι υψηλό αφού είναι μεγαλύτερο από 40% του εισερχόμενου νερού. Αυτό οφείλεται στο μικρό ποσοστό της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης σε σχέση με το εισερχόμενο νερό που παρατηρείται στο 1<sup>ο</sup> εξάμηνο.



Σχήμα Γ-4.31. Μη ανταποδοτικό νερό σε όγκο (%) για τα δύο εξάμηνα

Επειδή ο δείκτης NRW % σε όγκο δεν είναι αντιπροσωπευτικός αφού εξαρτάται από άλλους παράγοντες οι οποίοι δεν είναι σταθεροί (εισερχόμενο νερό, κατανάλωση κλπ) χρησιμοποιούνται οι εκφράσεις του NRW σε lt/σύνδεση/ημέρα (για 1.000-13.000 συνδέσεις) και σε m<sup>3</sup>/km αγωγών/έτος. Αυτές οι εκφράσεις του NRW παρουσιάζονται στο σχήμα Γ-4.32. Η τάση που υπάρχει για μέγιστες τιμές το 2001 και ελάχιστες το 2007 για το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο εμφανίζεται και σε αυτές τις εκφράσεις του NRW. Αντίστοιχα για το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο οι μέγιστες τιμές παρουσιάζονται το 2003 και οι ελάχιστες το 2005 και για τις εκφράσεις του NRW σε m<sup>3</sup>/km αγωγών/εξάμηνο.



Σχήμα Γ-4.32. NRW (α) σε lt/σύνδεση/ημέρα για το 1<sup>ο</sup> εξάμ., (β) σε lt/σύνδεση/ημέρα για το 2ο εξάμ. & (γ) σε m<sup>3</sup>/km αγωγών/εξάμ. και για τα 2 εξάμηνα

### Γ-4.9 Δείκτες Απόδοσης - ΙΙΙ

Ο δείκτης που απεικονίζει πόσες φορές μεγαλύτερες είναι οι απώλειες του δικτύου από τις ελάχιστες αναπόφευκτες απώλειες είναι ο ΙΙΙ. Ο ΙΙΙ για να υπολογιστεί χρειάζεται τον αριθμό των συνδέσεων, δεδομένο που για το δίκτυο της Κω δεν είναι γνωστό. Υπολογίστηκαν λοιπόν οι δείκτες ΙΙΙ για τα δύο εξάμηνα μελέτης και για αριθμό συνδέσεων από 1.000 έως 13.000 και για περισσότερο περιορισμένο αριθμό συνδέσεων από 3.000 έως 7.000 (σχήμα Γ-4.33).

Από το σχήμα Γ-4.33 που παρουσιάζει τις τιμές του ΙΙΙ για εύρος συνδέσεων από 3.000 έως 7.000 φαίνεται ότι όσο μεγαλώνει ο αριθμός των συνδέσεων τόσο μικραίνει η τιμή του ΙΙΙ. Για το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο και για 5.000 συνδέσεις η μέγιστη τιμή του ΙΙΙ είναι 24,8 το 2001 και η ελάχιστη 10,9 το 2007. Το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο του 2007 παρατηρούνται οι μικρότερες τιμές του ΙΙΙ, οι οποίες παρουσιάζουν μία τάση μείωσης μετά το 2001 με εξαίρεση το 2008 που οι τιμές του αυξάνονται και πάλι. Για το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο και για 5.000 συνδέσεις η μέγιστη τιμή του ΙΙΙ είναι 18,4 το 2003 και η ελάχιστη 5,6 το 2002. Γενικά για το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο οι τιμές του ΙΙΙ αυξομειώνονται και παρουσιάζουν μικρές τιμές το 2002 και το 2006. Οι αυξομειώσεις των τιμών του ΙΙΙ δείχνουν ότι η Δ.Ε.Υ.Α.Κ. δεν εφαρμόζει κάποια στρατηγική μείωσης των απωλειών νερού. Οι μικρές τιμές του ΙΙΙ κατά το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο αποδίδονται στην αύξηση του ποσοστού χρήσης του δικτύου, λόγω της αυξημένης ζήτησης, η οποία οδηγεί σε χαμηλότερες πιέσεις λειτουργίας και επομένως χαμηλότερους ρυθμούς απωλειών νερού.

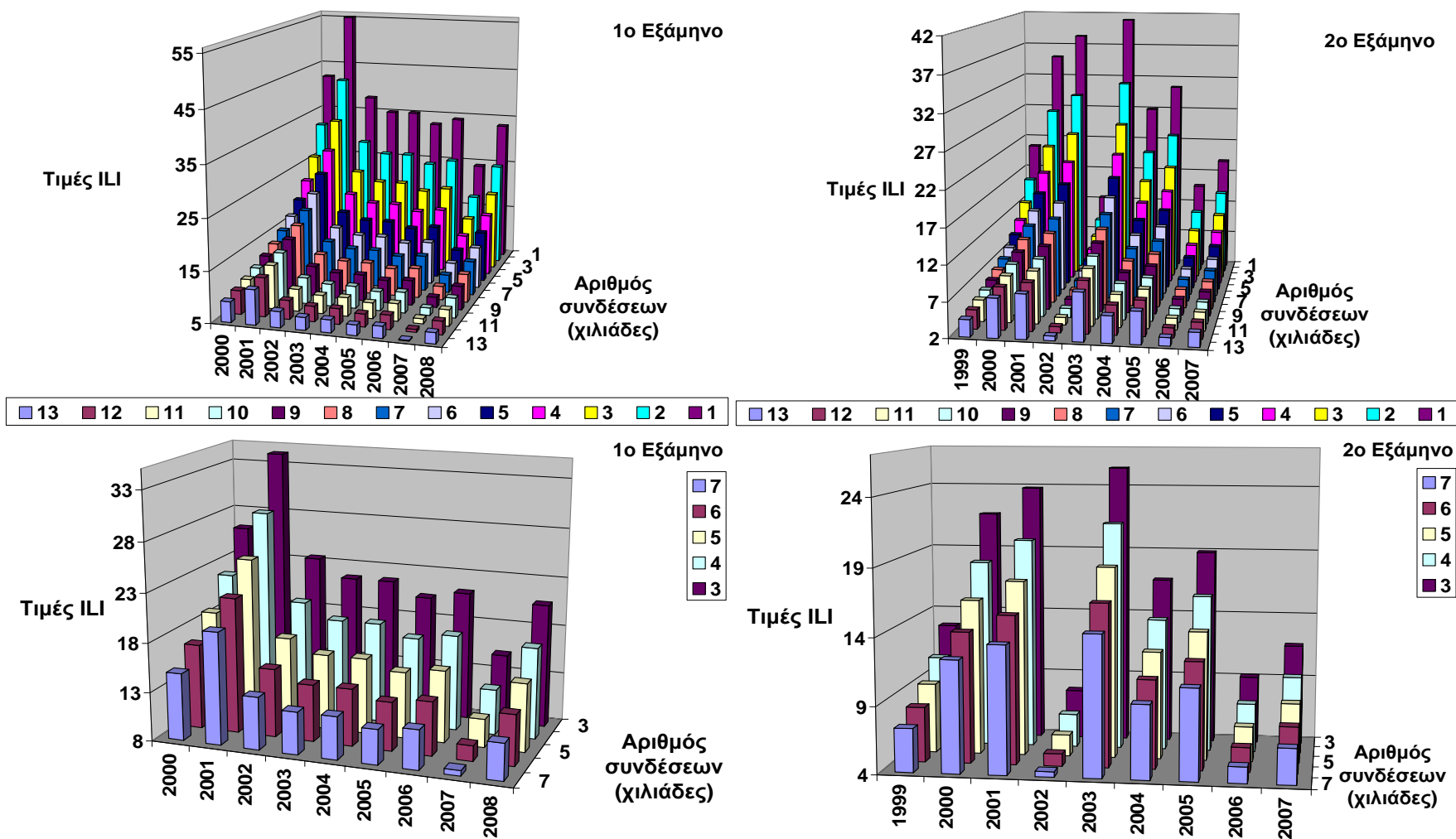
Στον πίνακα Γ-4.7 φαίνονται οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές του ΙΙΙ ανά εξάμηνο για όλα τα έτη για εύρος αριθμού συνδέσεων από 3.000 έως 7.000.

**Πίνακας Γ-4.7.** Τιμές του ΙΙΙ (min, max) για εύρος συνδέσεων από 3.000 έως 7.000 για όλα τα έτη ανά εξάμηνο

Τιμές ΙΙΙ	7.000		6.000		5.000		4.000		3.000	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
1 <sup>ο</sup> εξάμηνο	8,5	19,5	9,6	21,8	10,9	24,8	12,6	28,8	15,0	34,2
2 <sup>ο</sup> εξάμηνο	4,4	14,5	4,9	16,2	5,6	18,4	6,5	21,4	7,7	25,4

Σύμφωνα με τον πίνακα Β-4.3 που παρουσιάζει τον πίνακα εκτίμησης των φυσικών απωλειών από τις τιμές του ΙΙΙ που προέκυψαν η Δ.Ε.Υ.Α.Κ. ανήκει στην κατηγορία C και D των ανεπτυγμένων χωρών που σημαίνει ότι:

- η κατηγορία C: η ΔΕΥΑ έχει φτωχό ιστορικό διαχείρισης των διαρροών και αυτές οι τιμές του ΙΙΙ είναι αποδεκτές μόνο στην περίπτωση που το νερό είναι πολύ και φθηνό. Ακόμη και τότε η ΔΕΥΑ πρέπει να αναλύσει το επίπεδο και την φύση των απωλειών νερού και να ενισχύσει τις προσπάθειες μείωσης των διαρροών.
- η κατηγορία D: αναποτελεσματική χρήση των πόρων. Τα προγράμματα μείωσης των διαρροών είναι επιτακτικά και υψηλής προτεραιότητας.



**Σχήμα Γ-4.33.** Τιμές ILI για (α) αριθμό συνδέσεων από 1.000 έως 13.000 για το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο, (β) αριθμό συνδέσεων από 1.000 έως 13.000 για το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο, (γ) αριθμό συνδέσεων από 3.000 έως 7.000 για το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο και (δ) αριθμό συνδέσεων από 3.000 έως 7.000 για το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο

Η κατάταξη αυτή της Δ.Ε.Υ.Α.Κ. σε αυτές τις κατηγορίες καθιστά προφανές ότι είναι επιτακτική η ανάγκη για λήψη μέτρων μείωσης των διαρροών στο σύστημα.

Το δίκτυο ανήκει στην κατηγορία C μόνο σε κάποιες περιπτώσεις στο 2<sup>ο</sup> εξάμηνο. Αν εξαιρέσουμε το έτος 2002 στο οποίο θεωρούμε ότι έχει γίνει σφάλμα στις μετρήσεις (όπως φαίνεται και στο σχήμα Γ-4.13 όπου η ποσότητα νερού που χρεώθηκε είναι μικρότερη από την ποσότητα νερού που κατέγραψαν οι μετρητές), τιμές του ΙΛΙ μικρότερες από 8 υπολογίστηκαν για τις εξής περιπτώσεις: (α) 2<sup>ο</sup> εξάμηνο 1999 και 7.000 συνδέσεις, (β) 2<sup>ο</sup> εξάμηνο 2006 και για συνδέσεις από 4.000 έως και 7.000 και (γ) 2<sup>ο</sup> εξάμηνο 2007 για αριθμό συνδέσεων 6.000 και 7.000.

### Γ-4.10 Συμπεράσματα

Από την μελέτη του δικτύου ύδρευσης της Δ.Ε.Υ.Α. Κω και την εφαρμογή του Διεθνούς Πρότυπου υδατικού ισοζυγίου της IWA καθώς επίσης και των βασικών δεικτών απόδοσης λειτουργίας προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- ✚ Έγινε πλήρης αναγνώριση και καταγραφή του δικτύου που δεν υπήρχε.
- ✚ Οι βασικοί δείκτες απόδοσης που εφαρμόστηκαν στην περίπτωση της Δ.Ε.Υ.Α. Κω δείχνουν την πορεία των απωλειών του νερού στη διάρκεια του χρόνου.
- ✚ Για τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου και των δεικτών απόδοσης έγιναν παραδοχές που αφορούσαν δεδομένα τα οποία η Δ.Ε.Υ.Α. Κω δεν διαθέτει. Οι παραδοχές αυτές έγιναν με βάση την εθνική και διεθνή βιβλιογραφία και εμπειρία. Για τον έλεγχο των παραδοχών έγινε σε κάθε περίπτωση έλεγχος ευαισθησίας, οποίος έδειξε πόσο επηρεάζεται ο δείκτης απόδοσης που χρησιμοποιείται από μεταβολές στις τιμές των μεταβλητών.
- ✚ Έγινε αναλυτική περιγραφή τόσο του εξωτερικού όσο και του εσωτερικού υδραγωγείου της Δ.Ε.Υ.Α. Κω και του δικτύου των αγωγών της.
- ✚ Από τη μελέτη του αντλούμενου νερού και της κατανάλωσης ανά δίμηνο προέκυψε ότι ο καλύτερος τρόπος μελέτης του δικτύου είναι η διαίρεση του έτους σε δύο εξάμηνα, η οποία έγινε με βάση τις μεγαλύτερες καταναλώσεις. Λόγω της ιδιαιτερότητας της Κω σαν τουριστικού προορισμού από τα υπάρχοντα στοιχεία προκύπτει ότι ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός διπλασιάζεται κατά τη διάρκεια της τουριστικής περιόδου. Επομένως και το υδατικό ισοζύγιο και όλοι οι δείκτες απόδοσης υπολογίστηκαν σε εξαμηνιαία βάση. Ο χρόνος μελέτης ξεκινά από το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο του 1999 έως και το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο του 2008.
- ✚ Έγινε υπολογισμός του τροποποιημένου υδατικού ισοζυγίου και στην περίπτωση της Δ.Ε.Υ.Α. της Κω για να εμφανίζεται η διαφορά παγίου σαν απώλεια η οποία όμως αποφέρει έσοδα στην Δ.Ε.Υ.Α. Οι υπολογισμοί έγιναν σε εξαμηνιαία βάση, από το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο του 1999 έως το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο του 2008.



- ✚ Από τη μελέτη των δεικτών απόδοσης προκύπτει ότι οι μεγαλύτερες απώλειες παρατηρούνται στο 2<sup>ο</sup> εξάμηνο μελέτης του δικτύου που είναι εκείνο στο οποίο παρατηρείται μεγαλύτερη κατανάλωση.
- ✚ Για το υπολογισμό των απωλειών νερού και των πραγματικών απωλειών ανά σύνδεση έγινε η παραδοχή ότι ο αριθμός των συνδέσεων κυμαίνεται από 1.000 (8,1% των μετρητών) έως 13.000 συνδέσεις (100% των μετρητών). Με βάση όμως μία μελέτη ανά περιοχή θεωρήθηκε ότι ο αριθμός των συνδέσεων κυμαίνεται μεταξύ 3.000 (24,3% των μετρητών) και 7.000 (56,7% των μετρητών).
- ✚ Οι απώλειες νερού ανά σύνδεση παρουσιάζουν μία μειούμενη πορεία σταδιακά για το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο, ενώ για το δεύτερο εξάμηνο παρουσιάζουν μεγάλη πτώση το 2002, μεγάλη άνοδο στο 2003 και σταδιακή πτώση με εξαίρεση το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο του 2007.
- ✚ Την ίδια εξέλιξη παρουσιάζουν και οι εμφανείς απώλειες σαν % της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης με αυξομειώσεις στο 2<sup>ο</sup> εξάμηνο. Ως ο κατάλληλος δείκτης των εμφανών απωλειών κρίθηκε η έκφρασή τους σε lt/σύνδεση/ημέρα. Οι εμφανείς απώλειες το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο παρουσιάζουν διαφορετικό αποτέλεσμα από αυτό των εμφανών απωλειών εκφραζομένων σε ποσοστό % της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης. Επιβεβαιώνεται επομένως η καταλληλότητα του συγκεκριμένου δείκτη.
- ✚ Από τον υπολογισμό των εμφανών απωλειών σαν % της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης και του NRW σαν % του εισερχόμενου νερού φαίνεται ότι μεγαλύτερες τιμές παρουσιάζονται στο 1<sup>ο</sup> εξάμηνο παρόλο που έχει ήδη φανεί ότι στο 2<sup>ο</sup> εξάμηνο οι απώλειες νερού είναι μεγαλύτερες. Αυτό συμβαίνει διότι η εξουσιοδοτημένη κατανάλωση είναι πολύ μεγαλύτερο ποσοστό του εισερχόμενου νερού κατά το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο (61,3% - 83,4%) σε σχέση με το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο (33,3% - 58,3%). Αυτό δείχνει ότι η Δ.Ε.Υ.Α. διαχειρίζεται καλύτερα το νερό στο 2<sup>ο</sup> εξάμηνο μη παρέχοντας μεγάλους όγκους αντλούμενου νερού αν και η ζήτηση είναι μεγάλη.
- ✚ Ως κατάλληλος δείκτης του NRW θεωρείται η έκφρασή του σε lt/σύνδεση/ημέρα ή σε m<sup>3</sup>/km αγωγών/έτος και όχι σε ποσοστό % του εισερχόμενου νερού. Ο NRW παρουσιάζει μέγιστες τιμές το 2001 και ελάχιστες το 2007 για το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο και για το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο μέγιστες τιμές το 2003 και ελάχιστες το 2005.
- ✚ Ο ΠΙ προκύπτει ότι παίρνει μεγάλες τιμές (ακόμη και της τάξης του 20-30) εκτός από μεμονωμένες περιπτώσεις στις οποίες οι τιμές του είναι πάνω από 4. Κατατάσσεται λοιπόν το δίκτυο στις κατηγορίες C και D των αναπτυγμένων χωρών με βάση τη διεθνή κατάταξη (σχήμα B-4.3). Γενικά φαίνεται ότι υπάρχει μεγάλο περιθώριο μείωσης των απωλειών του νερού και περιορισμού τους στο ελάχιστο επίπεδο. Επίσης είναι προφανές ότι δεν εφαρμόζεται καμία στρατηγική μείωσης των απωλειών. Από συνεντεύξεις με το προσωπικό της Δ.Ε.Υ.Α. Κω έγινε γνωστό ότι μέχρι το 2008 δεν υπήρχε καν λεπτομερής καταγραφή των επιδιορθώσεων και κατά συνέπεια των βλαβών του δικτύου.

### Γ-4.11 Προτάσεις

Από τα συμπεράσματα προέκυψαν προτάσεις προς την Δ.Ε.Υ.Α. της Κω για την βελτίωση του επιπέδου λειτουργίας του δικτύου της. Τα βήματα που προτείνεται να ακολουθηθούν είναι τα εξής:

1. Παρακολούθηση του δικτύου μέσω συστημάτων SCADA
2. Ανάπτυξη ενός μοντέλου υδραυλικής προσομοίωσης του δικτύου (Watercad ή Watergem)
3. Εκτίμηση των επιπέδων των UARL και του NRW
4. Εντοπισμός των κρίσιμων σημείων για ζωνοποίηση πίεσης του δικτύου (μέσω PRVs) ή σχηματισμός DMAs
5. Δράση (1ο μικρού μεγέθους έργο: εγκατάσταση PRV)
6. Εκτίμηση των νέων επιπέδων UARL, NRW
7. Εκτίμηση του άμεσου κόστους, του περιβαλλοντικού κόστους και του κόστους φυσικού πόρου – Πρόταση τρόπων μείωσής τους
8. Εκτίμηση των επιπέδων των EARL που να βασίζονται στις νέες τιμές του νερού
9. Προσαρμογή των επιπέδων των τιμών του νερού (5 χρόνια)
10. Επανάληψη των βημάτων 5-9

Οι προτάσεις στις οποίες καταλήξαμε είναι:

- ✚ Πρέπει να γίνει λεπτομερής χαρτογράφηση του δικτύου γιατί υπάρχουν ελλείψεις στην χαρτογράφηση που υπάρχει ήδη. Προτείνεται μάλιστα να γίνει χαρτογράφηση με σύστημα G.I.S.
- ✚ Είναι επιτακτικό να γίνει υδραυλική προσομοίωση του δικτύου χρησιμοποιώντας συστήματα όπως το WaterCad. Το δίκτυο δεν επιλύεται και ενδεχομένως να υπάρχουν προβλήματα τα οποία θα φανούν από την υδραυλική του προσομοίωση.
- ✚ Για την υδραυλική προσομοίωση του δικτύου και την χαρτογράφηση του είναι απαραίτητη η βοήθεια του τεχνικού προσωπικού της Δ.Ε.Υ.Α. Κω και η επιτόπου καταγραφή των συσκευών του δικτύου.
- ✚ Είναι σημαντικό να εφαρμοστεί μία στρατηγική μείωσης των διαρροών του δικτύου ξεκινώντας από απλές παρεμβάσεις και προχωρώντας σταδιακά σε μεγαλύτερες. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να γίνει ανάλυση κόστους – οφέλους για τις παρεμβάσεις.

- ✚ Ο υπολογισμός του υδατικού ισοζυγίου και των δεικτών πρέπει να γίνεται συνέχεια για την παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας των βελτιώσεων που θα γίνονται στο δίκτυο.

## Κεφάλαιο Γ-5: Συμπεράσματα – Προτάσεις

### Γ-5.1 Συμπεράσματα

Το Διεθνές Πρότυπο Υδατικό Ισοζύγιο είναι ένα διαγνωστικό εργαλείο που δίνει τη δυνατότητα στις Δ.Ε.Υ.Α. να εκτιμήσουν το σύστημά τους και να αναπτύξουν μια αποτελεσματική στρατηγική μείωσης των διαρροών. Ο όγκος των απωλειών μπορεί να ποσοτικοποιηθεί και οι πραγματικές απώλειες μπορούν να μετρηθούν αποκαλύπτοντας μια διαφορετική και περισσότερο ακριβή προσέγγιση από την εμπειρική τεχνική (αφαίρεση της τιμολογούμενης κατανάλωσης από τον εισερχόμενο όγκο του νερού). Πιο συγκεκριμένα το τροποποιημένο Υδατικό Ισοζύγιο που προτάθηκε μπορεί να εφαρμοστεί με επιτυχία στην Ελλάδα αφού αποδείχθηκε ότι η διαφορά παγίου αποτελεί σημαντικό μέρος των πραγματικών απωλειών των οποίων η Δ.Ε.Υ.Α. ανακτά το κόστος.

Κατά την εφαρμογή του Υδατικού Ισοζυγίου και των Δεικτών Απόδοσης προέκυψαν προβλήματα που αφορούν την μη ύπαρξη στοιχείων από τις Δ.Ε.Υ.Α. Αυτά τα στοιχεία είναι η παράνομη χρήση και κλοπή, τα σφάλματα των μετρητών και των μετρήσεων, ο αριθμός των συνδέσεων και το μέσο μήκος του αγωγού σύνδεσης με τον καταναλωτή. Γι' αυτό πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευαισθησίας για καθεμιά από αυτές τις παραμέτρους για να ελεγχθεί πως οι μεταβολές αυτών των παραμέτρων επηρεάζουν τα επίπεδα των δεικτών απόδοσης.

Έγινε εφαρμογή του τροποποιημένου Υδατικού Ισοζυγίου αφού αποδείχθηκε ότι η διαφορά του παγίου μπορεί να φτάσει μέχρι το 43% στην περίπτωση της Δ.Ε.Υ.Α.Λ. (πάγια χρέωση 20m<sup>3</sup>/δίμηνο). Υπολογίστηκαν οι δείκτες απόδοσης και έγινε αξιολόγηση των δικτύων και κατάταξή τους σύμφωνα με τη διεθνή κατηγοριοποίηση. Και τα δύο δίκτυα κατατάσσονται στην κατηγορία D (εκτός από κάποιες περιπτώσεις στο 2<sup>ο</sup> εξάμηνο του δικτύου της Δ.Ε.Υ.Α. Κω που το δίκτυο κατατάσσεται στην κατηγορία C) με βάση την οποία απαιτείται στρατηγική για την μείωση των απωλειών.

Επιβεβαιώθηκε από τα αποτελέσματα η ορθότητα της επιλογής της ανάλυσης του δικτύου της Δ.Ε.Υ.Α. της Κω σε εξαμηνιαία βάση εξαιτίας της μεγάλης κατανάλωσης στο 2<sup>ο</sup> εξάμηνο (καλοκαιρινοί μήνες). Ο χωρισμός έγινε με βάση τις μέγιστες καταναλώσεις. Η ανάλυση σε εξαμηνιαία βάση ανέδειξε τα ακρότατα στις καταναλώσεις. Έδειξε επίσης ότι γίνεται καλύτερη χρήση του δικτύου λόγω της αυξημένης ζήτησης, η οποία οδηγεί σε χαμηλότερες πιέσεις λειτουργίας και επομένως χαμηλότερους ρυθμούς απωλειών νερού.

Επιβεβαιώθηκαν οι ορθότερες εκφράσεις των δεικτών απόδοσης από τα αποτελέσματα. Επιβεβαιώθηκε επίσης η εξάρτηση του δείκτη των UARL από την πίεση.

### Γ-5.2 Προτάσεις

Οι προτάσεις που απορρέουν από τα συμπεράσματα είναι:



Πρέπει να γίνει λεπτομερής χαρτογράφηση των δικτύων με σύστημα G.I.S.

- ✚ Είναι επιτακτικό να γίνει υδραυλική προσομοίωση των δικτύων χρησιμοποιώντας συστήματα όπως το WaterCad. Ενδεχομένως να υπάρχουν προβλήματα τα οποία θα φανούν από την υδραυλική προσομοίωση.
- ✚ Είναι σημαντικό να εφαρμοστεί μία στρατηγική μείωσης των διαρροών των δικτύων ξεκινώντας από απλές παρεμβάσεις και προχωρώντας σταδιακά σε μεγαλύτερες. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να γίνει ανάλυση κόστους – οφέλους για τις παρεμβάσεις.
- ✚ Για να γίνει αυτό πρέπει να υπολογιστεί ο δείκτης EARL που είναι οι οικονομικά ελάχιστες αναπόφευκτες απώλειες του δικτύου. Επίσης θα υπολογιστεί ο δείκτης ELI που δείχνει πόσο μεγαλύτερες απώλειες έχει το δίκτυο σε σχέση με τις οικονομικά ελάχιστες.
- ✚ Ο υπολογισμός του υδατικού ισοζυγίου και των δεικτών πρέπει να γίνεται συνέχεια για την παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας των βελτιώσεων που θα γίνονται στα δίκτυα.
- ✚ Είναι σημαντικό να γίνουν πιλοτικά προγράμματα τα οποία θα υπολογίσουν το ποσοστό της κλοπής και των παράνομων συνδέσεων, τον αριθμό των συνδέσεων του δικτύου (τουλάχιστο σε κάποιες περιοχές ενδεικτικά) και μία μελέτη όσον αφορά τους μετρητές και την αντικατάστασή τους.
- ✚ Επίσης πρέπει να γίνει συστηματική καταγραφή της πίεσης λειτουργίας σε συγκεκριμένα σημεία του δικτύου και παρακολούθηση της ροής, κυρίως τις νυχτερινές ώρες για τον εντοπισμό των διαρροών.
- ✚ Στο μέλλον είναι επίσης σημαντικό να χωριστούν τα δίκτυα σε DMAs (district meter areas) για την καλύτερη διαχείριση και της πίεσης λειτουργίας και των διαρροών των δικτύων. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν βέλτιστες πρακτικές που εφαρμόστηκαν σε άλλα δίκτυα παγκόσμια και είχαν σαν αποτέλεσμα σημαντική μείωση των διαρροών τους.
- ✚ Μία από τις τέσσερις συνιστώσες της στρατηγικής μείωσης των διαρροών (σχήμα Β-4.3) είναι η διαχείριση των αγωγών. Χρησιμοποιώντας μοντέλα πρόβλεψης των αστοχιών των αγωγών και μοντέλα υπολογισμού του βέλτιστου χρόνου αντικατάστασης των αγωγών οι διαρροές μπορούν να μειωθούν. Στην επόμενη ενότητα παρουσιάζεται ένα μοντέλο πρόβλεψης των αστοχιών των αγωγών.

Το σχέδιο δράσης που προτείνεται αποτελείται από τα εξής:

1. Αξιολόγηση του Δικτύου (προσδιορισμός του υδατικού του ισοζυγίου)
2. Παρακολούθηση του Δικτύου (χαρτογράφηση, προσομοίωση)
3. Κατανόηση του Δικτύου
  - Αναγνώριση Προβλημάτων (Συμπτώματα)
  - Κατανόηση Προβλημάτων (Αιτίες)

- ο Σύνδεση Συμπτωμάτων με κύριες και πιθανές αιτίες
  - ο Σύνδεση Αιτιών με κύριες και δευτερεύουσες ενέργειες αντιμετώπισης
4. Αξιοποίηση εμπειρίας και καλών πρακτικών (Ελλάδα και Διεθνώς)
  5. Προσδιορισμός στόχων
  6. Αρχικές επεμβάσεις / δράσεις
  7. Αξιολόγηση αποτελεσμάτων και επαναπροσδιορισμός στόχων
  8. Διορθωτικές επεμβάσεις / δράσεις

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕΡΟΥΣ Γ**

1. Alegre, H., Baptista, J.M., Cabrera, E. Jr., Cubillo, F., Duarte, P., Hirner, W., Merkel, W. and Parena, R. 2006. *Performance Indicators for Water Supply Services*, Second Edition, IWA publishing, UK
2. Charalambous, B. 2007. “Effective Pressure Management of District Metered Areas”, *International Specialty Conference “Water Loss 2007” IWA*, Vol.I, pp.241-255, Bucharest, Romania
3. Farley, M. and Trow, S. 2003. *Losses in Water Distribution Networks – A practitioner’s Guide to Assessment, Monitoring and Control*, IWA Publishing, UK
4. Georgiadis, St. and Kanellopoulou, S. 2008. “Pressure Management in the Water Supply Network of Athens, Greece”, *World Water Congress 2008 (e-proceedings)*, Vienna, Austria.
5. Guibentif, H., Rufenacht, H.P., Rapillard, P. and Ruetschi, M. 2007. “Acceptable Level of Water Losses in Geneva”, *International Specialty Conference “Water Loss 2007” IWA*, Vol.I, pp.138-147, Bucharest, Romania
6. Kanakoudis, V. and Charavgis, I. 2005. “Water systems management – Lifesaving interventions’ evaluation”, *6<sup>th</sup> International Conference of EWRA*, Menton, France
7. Kolbl, J., Theuretzbacher-Fritz, H., Neunteufel, R., Perfler, R., Gangl, G., Kainz, H. and Haberl, R. 2007. “Experiences with WaterLoss Pis in the Austrian Benchmarking Project”, *International Specialty Conference “Water Loss 2007” IWA*, Vol.I, pp.176-187, Bucharest, Romania
8. McKenzie, R., Seago, C., Liemberger R. 2007. “Benchmarking of Losses from potable water reticulation systems-Results from IWA Task Team”, *International Specialty Conference “Water Loss 2007” IWA*, Vol.I, pp.161-175, Bucharest, Romania.
9. Morrison, J.A.E. 2002. “Practical Application of Component Analysis of leakage Using Babe Principles”, *Leakage Management Conference 2002*, pp.254-266, Lemesos, Cyprus
10. Paracampos, F. and Thornton, J. 2002. “SABESP’s (Sao Paulo Water and Sanitation Company) experience in applying the IWA water loss indicators – a field experience”, *Leakage Management Conference 2002*, pp.143-157, Lemesos, Cyprus
11. Pearson, D. 2009. “Developing a Non-Revenue Water Reduction Strategy with Inadequate Data”, *WaterLoss International Conference 2009*, pp.6-12, Cape Town, South Africa
12. Κανακούδης, Β. 1998 «Ο ρόλος των έκτακτων περιστατικών στη διαμόρφωση κριτηδίων προληπτικής συντήρησης και αντικατάστασης των αγωγών στα δίκτυα ύδρευσης», Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης





## **ΕΝΟΤΗΤΑ Δ:**

**«Εξέλιξη και εφαρμογή της μεθόδου DAC σε δίκτυα μεταφοράς ρευστών (πετρελαίου, φυσικού αερίου και νερού)»**



## **Κεφάλαιο Δ-1: Χρήση Διαχωριστικής Ανάλυσης και Ταξινόμησης (DAC) για επίλυση προβλημάτων αξιοπιστίας**

### **Δ-1.1 Γενικά**

Η αξιοπιστία είναι ένα μέτρο εκτίμησης του βαθμού επιτυχίας ενός συστήματος που έχει προκαθορισμένη διάρκεια αποστολής και προκαθορισμένες συνθήκες λειτουργίας. Η αξιοπιστία ενός συστήματος είναι έννοια σχετική. Κατ' αυτόν τον τρόπο η συμπεριφορά ενός συστήματος μπορεί να κρίνεται ικανοποιητική για μια εφαρμογή ενώ μη ικανοποιητική για μια άλλη με αυστηρότερες απαιτήσεις.

Η γνώση της αξιοπιστίας ενός συστήματος επιτρέπει τον σωστό προγραμματισμό της συντήρησής του, με αποτέλεσμα την μείωση βλαβών και κατά συνέπεια την ελαχιστοποίηση του αντίστοιχου κόστους. Η κατάσταση στην οποία θα βρεθεί ένα σύστημα όμως, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του και επομένως μια προσπάθεια ανάλυσής τους θα αποτελούσε σημαντικό βοήθημα για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς του συστήματος.

Η θεωρία της στατιστικής για πολυμεταβλητές διαδικασίες, παρέχει σημαντικά εργαλεία για την πραγματοποίηση της παραπάνω προσπάθειας. Τέτοιου είδους εργαλεία αποτελούν και οι τεχνικές της διαχωριστικής ανάλυσης και της ταξινόμησης.

### **Δ-1.2 Γενικότερες εφαρμογές των τεχνικών της διαχωριστικής ανάλυσης και ταξινόμησης**

Οι τεχνικές του διαχωρισμού έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως από την επιστήμη της στατιστικής τα τελευταία πενήντα χρόνια. Ορισμένες από τις πρώτες εφαρμογές εμφανίστηκαν στις κοινωνικές επιστήμες και αφορούσαν βασικά ψυχολογικούς και επιμορφωτικούς τομείς (Tatsuoka et al., 1954). Εξάλλου οι Cox και Brandwood (1959) χρησιμοποίησαν την διαχωριστική ανάλυση για να τοποθετήσουν σε χρονολογική σειρά τα έργα του Πλάτωνα.

Οι πολιτικοί επιστήμονες ανακάλυψαν την χρησιμότητα των στατιστικών πολυμεταβλητών τεχνικών μελετώντας την συμπεριφορά των ψηφοφόρων (Klecka, 1973). Στην ιατρική οι τεχνικές αυτές προσφέρονται και χρησιμοποιούνται σαν ένα διαγνωστικό και προγνωστικό εργαλείο (Bulbrook et al., 1964; Armitage et al., 1969). Έχουν γίνει επίσης μελέτες στις οποίες η διαχωριστική ανάλυση χρησιμοποιείται στην έρευνα αγοράς.

Οι μηχανικοί που μελετούν προβλήματα αξιοπιστίας χρησιμοποίησαν επίσης τεχνικές διαχωρισμού. Ο Sayles (1980) χρησιμοποίησε τεχνικές διαχωριστικών συναρτήσεων σαν μέσο ταξινόμησης πληροφοριών αξιοπιστίας. Κατέληξε ότι αυτές οι τεχνικές προσφέρουν μια μέθοδο ποσοτικοποίησης της σπουδαιότητας των παραμέτρων του περιβάλλοντος, σαν μέτρο της επιρροής τους επάνω σε μια συνάρτηση, οι οποίες στα περισσότερα προβλήματα αξιοπιστίας θα ασχολούνται με μία ή περισσότερες κατηγορίες αποτυχιών ή επιτυχιών.

Επισημαίνεται επίσης ότι η διαδικασία είναι ιδανικά εφαρμόσιμη σε προβλήματα πολλών μεταβλητών και έχει, σαν αποτέλεσμα, μια σειρά παραμέτρων με κάποια βαρύτητα, οι οποίες ποσοτικοποιούν την σημασία κάθε μεταβλητής στο συνολικό αποτέλεσμα.

Επίσης ο Betts (1984) χρησιμοποιώντας γραμμική διαχωριστική ανάλυση ήταν ικανός να υπολογίσει την πιθανότητα αποτυχίας μιας εταιρίας με μεγάλο βαθμό ακρίβειας.

### **Δ-1.3 Γενικές αρχές διαχωριστικής ανάλυσης και ταξινόμησης (DAC)**

Η διαχωριστική ανάλυση και η ταξινόμηση (Discriminant Analysis – Classification, DAC) είναι τεχνικές που επεξεργάζονται τις τιμές των χαρακτηριστικών, που προέρχονται από έναν πληθυσμό ατόμων των οποίων η τελική κατάσταση είναι ήδη γνωστή. Κατ' αυτόν τον τρόπο ο πληθυσμός χωρίζεται σε ομάδες των οποίων τα άτομα έχουν την ίδια τελική κατάσταση. Στην συνέχεια μετρώντας τα χαρακτηριστικά ενός ατόμου προβλέπουν την τελική του κατάσταση, δηλαδή την ομάδα στην οποία θα ανήκει.

Η διαχωριστική ανάλυση ερευνά τις διαφορές των χαρακτηριστικών των ατόμων όταν οι αιτίες της ομοιότητας δεν είναι απόλυτα κατανοητές. Έτσι, γνωρίζοντας τις τιμές των χαρακτηριστικών κάθε ατόμου και την ομάδα στην οποία ανήκει, καταλήγει σε μια μαθηματική διαδικασία, η οποία αναλύει τις διαφορές που παρουσιάζονται στις τιμές των χαρακτηριστικών των ατόμων, που ανήκουν σε διαφορετικές ομάδες.

Με την διαδικασία αυτή, εύκολα αναγνωρίζεται η ομάδα στην οποία ανήκει ένα άτομο λαμβάνοντας υπόψη μόνο τις μετρούμενες τιμές των χαρακτηριστικών του, κάτι που δεν μπορεί να γίνει με μια πρόχειρη ματιά, επειδή οι διαφορές σχεδόν πάντοτε δεν είναι τόσο εμφανείς ώστε να εντοπιστούν αμέσως. Η διαχωριστική ανάλυση είναι μια τεχνική που έχει ως σκοπό να περιγράψει είτε γραφικά είτε αλγεβρικά αυτές τις διαφορές των ατόμων των ομάδων που εξετάζονται. Επιδιώκει να βρει «διαχωριστές» που να εκφράζουν τις διαφορές αυτές, και των οποίων οι αριθμητικές τιμές είναι τέτοιες ώστε οι ομάδες να διαχωρίζονται όσο το δυνατόν καλύτερα.

Η ταξινόμηση είναι μια διαδικασία η οποία στηρίζεται σε καλά θεμελιωμένους κανόνες, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατάταξη ενός ατόμου, του οποίου δεν είναι γνωστή η τελική κατάσταση, σε κάποια από τις προϋπάρχουσες ομάδες. Η κατάταξη ενός ατόμου επιτυγχάνεται σύμφωνα με ορισμένες συνθήκες βελτιστοποίησης, όπως ελαχιστοποιώντας το ποσοστό της λαθεμένης ταξινόμησης, ή πιο ρεαλιστικά, ελαχιστοποιώντας το συνολικό κόστος μιας όχι τόσο επιτυχημένης ταξινόμησης. Στην εφαρμογή που παρουσιάζεται στην συνέχεια της ερευνητικής προσπάθειας ο πληθυσμός χωρίζεται σε δύο ομάδες, που ονομάζονται «επιτυχίες» και «αποτυχίες».

Τελικά αξιολογούνται τα αποτελέσματα της διαχωριστικής ανάλυσης και της ταξινόμησης. Συγκεκριμένα, αναλύεται η σχέση που συνδέει τις δύο τεχνικές και παριστάνεται σε ένα διάγραμμα. Το διάγραμμα αυτό, είναι αρκετά χρήσιμο και πρακτικό αφού καθιστά δυνατή την πρόβλεψη, με εύκολο και γρήγορο τρόπο, της πιθανότητας ενός ατόμου να ανήκει στις επιτυχίες ή στις αποτυχίες βάσει των τιμών των χαρακτηριστικών του. Εισάγεται επίσης ένα κριτήριο για την κατάταξη των ατόμων με γνωστά χαρακτηριστικά σε μία από τις δύο ομάδες.

#### Δ-1.4 Χρήση της μεθόδου DAC σε αγωγούς

Ερευνητές μελετούν τις αποτυχίες των αγωγών για πολλές δεκαετίες προσπαθώντας να καταλάβουν τον τρόπο με τον οποίο συμβαίνουν και να μπορέσουν να προτείνουν βελτιώσεις στην αξιοπιστία τους με έναν αποτελεσματικό τρόπο από άποψης κόστους. Αρχικά οι αποτυχίες ταξινομούνταν με βάση τον μέσο ρυθμό εμφάνισής τους σε αποτυχίες ανά Km αγωγού ανά έτος (Kanakoudis et al., 2001). Από μελέτες που έγιναν αποδείχθηκε ότι αυτό το κριτήριο ταξινόμησης πρέπει να χρησιμοποιείται με σκεπτικισμό διαφορετικά μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένες προτάσεις και περιοριστικά μοντέλα για την εκτίμηση της αξιοπιστίας των αγωγών σε μία δεδομένη χρονική περίοδο, καθώς δεν ξεκαθαρίζει ποια χαρακτηριστικά των αγωγών είναι τα πιο σημαντικά και αυτά που επηρεάζουν την αξιοπιστία των αγωγών αφού αγνοεί εντελώς τις συσχετίσεις τους (Κανακούδης, 1998). Αυτός ο λόγος συντέλεσε στο να χρησιμοποιηθούν τεχνικές στατιστικής ανάλυσης όπως μέθοδοι Συσχέτισης και Παλινδρόμησης (Bakouros, 1988). Αυτές οι μέθοδοι χρησιμοποιούνται στο να ποσοτικοποιήσουν σχέσεις μεταξύ μιας εξαρτημένης μεταβλητής και μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Η ανάλυση του ρυθμού των βλαβών απαιτεί να συνεξετάζονται όλες οι μεταβλητές. Έτσι χρησιμοποιήθηκε η Ανάλυση Παραγόντων (Factor Analysis), η οποία είναι μία πολυμεταβλητή στατιστική τεχνική η οποία αναδεικνύει τις συσχετίσεις μεταξύ όλων των μεταβλητών που έχουν παρατηρηθεί. Η Ανάλυση Παραγόντων απέδειξε ότι η χρήση στατιστικών τεχνικών βασισμένων στις συσχετίσεις όλων των μεταβλητών μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα την καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς ενός αγωγού. Παρόλα αυτά όμως η Ανάλυση Παραγόντων δεν μπορεί να παρέχει ένα «μοντέλο» πρόβλεψης της αξιοπιστίας των αγωγών που να βασίζεται σε όλα τα χαρακτηριστικά των αγωγών που επηρεάζουν την εμφάνιση των αποτυχιών (Bakouros, 1988). Έτσι χρησιμοποιήθηκε η Διαχωριστική Ανάλυση η οποία λαμβάνει υπόψη όλα τα χαρακτηριστικά των αγωγών και παρέχει ένα μοντέλο πρόβλεψης της αξιοπιστίας των αγωγών (Bakouros, 1988).

## Κεφάλαιο Δ-2: Διαχωριστική Ανάλυση (Discriminant Analysis-DA)

### Δ-2.1 Γενικά

Με βάση τις βασικές ιδέες του διαχωρισμού, η διαχωριστική ανάλυση είναι μια στατιστική τεχνική, η οποία επιτρέπει σε κάποιον που ενδιαφέρεται να μελετήσει τις διαφορές μεταξύ δύο ή περισσότερων ομάδων ατόμων, λαμβάνοντας υπόψη πολλά χαρακτηριστικά τους ταυτόχρονα. Για παράδειγμα, δοθέντος μόνο του ύψους των ανθρώπων μιας περιοχής, κάποιος θα ήθελε να τους διαχωρίσει σε άντρες και γυναίκες. Εντούτοις, μόνο το ύψος μπορεί να είναι ανεπαρκής τρόπος για το διαχωρισμό του πληθυσμού μεταξύ των δύο φύλων. Όμως ένας συνδυασμός μετρήσεων του ύψους και της διαμέτρου της μέσης, θα μπορούσε να είναι επαρκής.

Η διαχωριστική συνάρτηση είναι αυτή που διευκολύνει τη διαχωριστική μέθοδο. Συνήθως η διαχωριστική συνάρτηση είναι ένας γραμμικός συνδυασμός των βασικών χαρακτηριστικών όλων των ατόμων του πληθυσμού, αλλά υπάρχουν και άλλα συναρτησιακά σχήματα (π.χ. δευτεροβάθμιες, εκθετικές και λογαριθμικές συναρτήσεις).

Όταν το μέγεθος του πληθυσμού είναι μεγάλο, η μέτρηση των χαρακτηριστικών όλων των ατόμων του πληθυσμού καταλήγει σε μία χρονοβόρα και οικονομικά ασύμφορη διαδικασία. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιείται η μέθοδος της δειγματοληψίας.

Στη συγκεκριμένη εργασία γίνεται χρήση της γραμμικής διαχωριστικής συνάρτησης. Δύο είναι κυρίως οι λόγοι που συνιστούν την επιλογή αυτή. Αφενός, η γραμμική διαχωριστική συνάρτηση βρίσκει απόλυτη εφαρμογή σε περιπτώσεις που εξετάζονται χαρακτηριστικά συνεχή ή ασυνεχή, γιατί είναι ανεξάρτητη από τις κατανομές των χαρακτηριστικών. Αφετέρου, η χρήση της γραμμικής διαχωριστικής συνάρτησης επιτρέπει την ευκολότερη ερμηνεία της συμμετοχής του κάθε χαρακτηριστικού στον διαχωρισμό, σε σχέση με κάθε άλλο συναρτησιακό σχήμα (Fisher, 1936).

Η γραμμική διαχωριστική συνάρτηση, έχει την παρακάτω μορφή, όπως αυτή θα χρησιμοποιηθεί:

$$Z_m = U_0 + U_1 X_{1m} + U_2 X_{2m} + \dots + U_i X_{im} \quad (2.1)$$

όπου,  $Z_m$  : Η τιμή της διαχωριστικής μεταβλητής για το άτομο  $m$ ,

$X_{im}$  : Η μέτρηση του  $i$  χαρακτηριστικού του ατόμου  $m$ ,

$U_i$  : Ο καλύτερος διαχωριστικός συντελεστής που επιδέχεται το χαρακτηριστικό  $i$ , έτσι ώστε να προκύψει ο καλύτερος δυνατός διαχωρισμός,

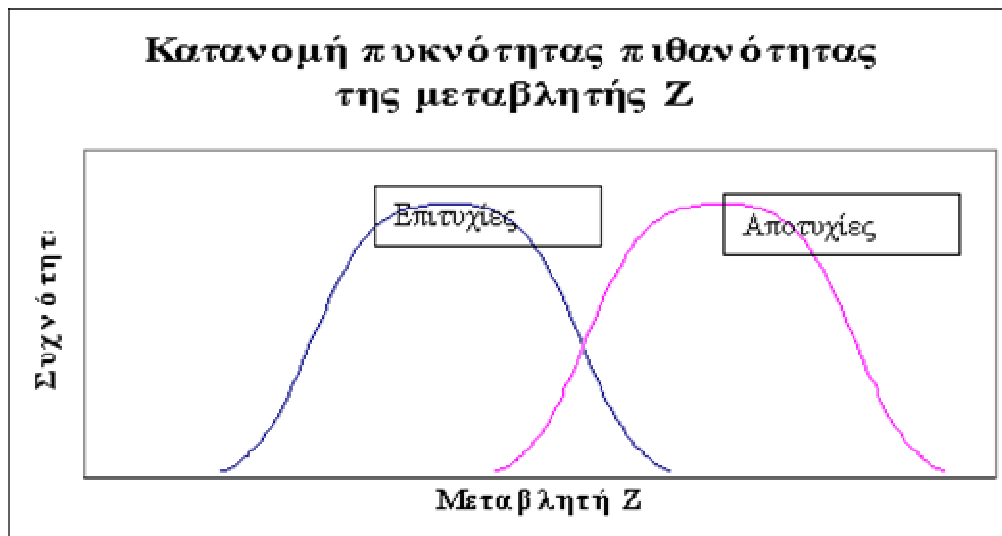
$$U_0 = -\sum_{i=1}^n U_i X_i \quad \text{και} \quad U_i = v_i \sqrt{n-g} \quad (2.2)$$

Το αντικείμενο της διαχωριστικής ανάλυσης είναι να «ανακαλύψει» αυτά τα χαρακτηριστικά « $X_i$ » και τους συντελεστές « $U_i$ », οι οποίοι κάνουν τον τέλειο διαχωρισμό του πληθυσμού σε δύο διακεκριμένες ομάδες. Η μεθοδολογία που ακολουθείται αποτελείται από τα εξής στάδια:

1. Παίρνονται αντιπροσωπευτικά δείγματα ατόμων από τις δύο διαχωριζόμενες ομάδες.
2. Παίρνονται οι τιμές  $X_i$  των χαρακτηριστικών  $i$  όλων των ατόμων.
3. Επιλέγονται εκείνα τα χαρακτηριστικά από τα οποία αναμένεται να προκύψει ο καλύτερος διαχωρισμός.
4. Υπολογίζονται οι τιμές των συντελεστών  $U_i$ , που δίνουν τον καλύτερο διαχωρισμό με βάση την επιλογή που έγινε στο προηγούμενο στάδιο, και οι τιμές της μεταβλητής  $Z$ .
5. Επαναλαμβάνονται τα στάδια 3 και 4, χρησιμοποιώντας άλλους συνδυασμούς χαρακτηριστικών, ώσπου να επιτευχθεί ο καλύτερος κατά το δυνατόν, διαχωρισμός των δειγμάτων.

Επειδή κάθε άτομο έχει διαφορετικές τιμές  $X_i$ , για τα ίδια χαρακτηριστικά  $i$ , επακόλουθο είναι η τιμή της διαχωριστικής μεταβλητής να διαφέρει από άτομο σε άτομο, ακόμη και αν τα άτομα αυτά ανήκουν στο ίδιο δείγμα. Αποτέλεσμα αυτού είναι οι τιμές της  $Z$  να ακολουθούν διάφορα συναρτησιακά σχήματα, τα οποία έχουν σχέση με τον τρόπο που είναι διασκορπισμένες οι τιμές των χαρακτηριστικών. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι τιμές αυτές ακολουθούν την κανονική κατανομή.

Το αποτέλεσμα μιας τέτοιας ανάλυσης μπορεί να παρασταθεί γραφικά στο σχήμα Δ-2.1, όπου παρουσιάζονται οι τιμές της μεταβλητής  $Z$  και οι συχνότητές τους για δύο ομάδες. Προφανώς, ο σκοπός αυτής της ανάλυσης είναι να διαχωρίσει τις δύο κατανομές πυκνότητας πιθανότητας όσο το δυνατόν καλύτερα. Ο καλύτερος διαχωρισμός επιτυγχάνεται στην περίπτωση που οι κατανομές αυτές δεν επικαλύπτονται. Στην περίπτωση της επικάλυψης, όπως φαίνεται στο σχήμα, ο διαχωρισμός δεν είναι τέλειος γιατί τα άτομα που έχουν τιμή  $Z$  που βρίσκεται στην περιοχή επικάλυψης δεν διαχωρίζονται σωστά. Αυτό σημαίνει ότι αν γνωρίζαμε μόνο τις τιμές των χαρακτηριστικών δεν θα μπορούσαμε να καθορίσουμε από ποια ομάδα προέρχεται.



Σχήμα Δ-2.1: Κατανομή πυκνότητας πιθανότητας της μεταβλητής Z

## Δ-2.2 Προϋποθέσεις

Προκειμένου να εφαρμοστεί η μαθηματική διαδικασία, όπως αυτή αναλύεται παρακάτω, πρέπει να ισχύουν ορισμένες βασικές προϋποθέσεις. Οι προϋποθέσεις αυτές είναι :

- i) Απαιτούνται τουλάχιστον δύο ομάδες.
- ii) Κάθε ομάδα πρέπει να αποτελείται τουλάχιστον από δύο άτομα.
- iii) Ένα χαρακτηριστικό που είναι γραμμικός συνδυασμός άλλων, πρέπει να παραλείπεται, γιατί δεν έχει περιέχει καμία επιπρόσθετη πληροφορία.
- iv) Δεν υπάρχει όριο στον αριθμό των χαρακτηριστικών, εκτός από το ότι ο αριθμός των ατόμων πρέπει να υπερβαίνει τον αριθμό των χαρακτηριστικών, τουλάχιστον κατά δύο.
- v) Οι τιμές των χαρακτηριστικών των ατόμων της κάθε ομάδας πρέπει να ακολουθούν την κανονική κατανομή ή διαφορετικά, κάθε ομάδα να ακολουθεί μια πολυμεταβλητή κανονική κατανομή, παρά το γεγονός ότι η γραμμική διαχωριστική συνάρτηση είναι ανεξάρτητη από την πολυκανονικότητα των ομάδων (Lachenbruch et al., 1973).
- vi) Μια γραμμική διαχωριστική διαδικασία είναι ιδανική όταν οι μεταβλητότητες και οι συσχετίσεις των ανεξάρτητων χαρακτηριστικών σε μια ομάδα είναι ίδιες με τις αντίστοιχες των άλλων ομάδων.
- vii) Δεν πρέπει να υπάρχει αμφιβολία ως προς την ομάδα προέλευσης του κάθε ατόμου. Διαφορετικά η διαχωριστική συνάρτηση που θα προκύψει θα δώσει εσφαλμένα αποτελέσματα.



Όλες οι προϋποθέσεις που αναφέρονται ισχύουν φυσικά και στην περίπτωση της δειγματοληψίας, με τη μόνη διαφορά ότι έχουμε δείγματα και όχι ομάδες. Ειδικότερα, για την προϋπόθεση (v) θα πρέπει η κανονικότητα των χαρακτηριστικών να μπορεί να επεκταθεί και στις ομάδες.

### Δ-2.3 Ερμηνεία των διαχωριστικών συντελεστών

Οι διαχωριστικοί συντελεστές  $U_i$ , που υπολογίστηκαν προηγουμένως μπορούν να οδηγήσουν σε ορισμένα συμπεράσματα σχετικά με την διαχωριστική ισχύ που φέρει κάθε χαρακτηριστικό. Έτσι, είναι δυνατόν να προκύψουν χαρακτηριστικά χωρίς διαχωριστική ισχύ, τα οποία εξαιρούνται από τα επόμενα στάδια της ανάλυσης. Επίσης, από αυτούς τους συντελεστές μπορεί να προσδιοριστεί η βαρύτητα κάθε χαρακτηριστικού στον διαχωρισμό των ομάδων.

Υπάρχουν διάφορα κριτήρια με τα οποία αναγνωρίζουμε αν κάποιο χαρακτηριστικό έχει διαχωριστική ισχύ. Στην περίπτωση του διαχωρισμού δύο ομάδων, ένα κριτήριο που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε είναι:

$$U_i (M_{i1} - M_{i2})(Z_{m1} - Z_{m2}) > 0 \quad (2.3)$$

όπου:  $Z_{m1}$ : η μέση τιμή της μεταβλητής  $Z$  της ομάδας 1

$Z_{m2}$ : η μέση τιμή της μεταβλητής  $Z$  της ομάδας 2

Για να προκύψει το κριτήριο (2.3) γίνονται οι ακόλουθες παραδοχές:

- Ένα χαρακτηριστικό έχει διαχωριστική ισχύ όταν συμβάλλει στην απομάκρυνση των κατανομών της μεταβλητής  $Z$  των δύο ομάδων. Αυτό εκφράζεται με την αύξηση της διαφοράς των μέσων τιμών  $Z_{m1}$  και  $Z_{m2}$  των κατανομών.
- Οι μέσες τιμές υπολογίζονται από τις επόμενες εξισώσεις:

$$Z_{mg} = U_0 + U_1 M_{1g} + \dots + U_v M_{vg}, \quad g = 1, 2 \quad (2.4)$$

άρα η διαφορά των μέσων τιμών των κατανομών ισούται με

$$(Z_{m1} - Z_{m2}) = U_1 (M_{11} - M_{12}) + \dots + U_v (M_{v1} - M_{v2}) \quad (2.5)$$

- Ένα χαρακτηριστικό  $i$  έχει διαχωριστική ισχύ, όταν το πρόσημο του όρου  $U_i (M_{i1} - M_{i2})$  είναι το ίδιο με το πρόσημο της διαφοράς  $(Z_{m1} - Z_{m2})$ . Κάθε τέτοιο χαρακτηριστικό ονομάζεται **ευσταθές**. Στην αντίθετη περίπτωση το χαρακτηριστικό δεν έχει καθόλου διαχωριστική ισχύ και ονομάζεται **ασταθές**.

Ανεξάρτητα από το αν ένα χαρακτηριστικό είναι ευσταθές ή ασταθές, επιδρά στον διαχωρισμό με κάποια βαρύτητα. Η **βαρύτητα** αυτή δεν μπορεί να προκύψει απ' ευθείας από τους συντελεστές  $U_i$  επειδή είναι εξαρτημένοι από την κλίμακα των μετρήσεων των

παραπάνω χαρακτηριστικών. Ο μόνος τρόπος για να ανεξαρτητοποιηθούν οι συντελεστές αυτοί από τις μονάδες μέτρησης είναι η κανονικοποίησή τους. Οι κανονικοποιημένοι συντελεστές μπορούν να υπολογιστούν κάνοντας χρήση της ακόλουθης σχέσης:

$$S_i = U_i \sqrt{\frac{W_{ii}}{n-g}} \quad (2.6)$$

όπου  $W_{ii}$  είναι το διαγώνιο στοιχείο του πίνακα  $W$  που αντιστοιχεί στο χαρακτηριστικό  $i$  και  $\frac{W_{ii}}{n-g}$  είναι η μεταβλητότητά του σε ολόκληρο τον πληθυσμό. **Όσο μεγαλύτερος, κατ' απόλυτη τιμή, είναι ένας κανονικοποιημένος συντελεστής, τόσο μεγαλύτερη είναι και η βαρύτητά του.**

#### Δ-2.4 Έλεγχος της διαχωριστικής συνάρτησης

Η επιτυχία κάθε διαχωριστικής διαδικασίας μπορεί να ελεγχθεί χρησιμοποιώντας μία στατιστική τεχνική, με την οποία ελέγχεται η ποιότητα των δεδομένων που διατίθενται από τις ομάδες ή από τα δείγματα, στην περίπτωση της δειγματοληψίας. Αυτή η τεχνική μετράει το διαχωρισμό των ομάδων, που επιτυγχάνεται από τα χαρακτηριστικά που έχουν επιλεγθεί, σαν ένα λόγο οριζουσών. Ο λόγος αυτό ονομάζεται λόγος οριζουσών του Wilk, συμβολίζεται με «Λ» και ορίζεται ως (Bakouros, 1988):

$$\Lambda = \frac{|W|}{|T|} \quad (2.7)$$

όπου ο αριθμητής είναι η ορίζουσα του πίνακα  $W$  και ο παρονομαστής η ορίζουσα του πίνακα  $T$ . **Αν η τιμή του  $\Lambda$  προσεγγίζει το μηδέν, τότε οι τιμές των ομάδων είναι χωρισμένες κατά το μέγιστο και ο διαχωρισμός είναι πολύ καλός.**

Στην περίπτωση που ο υπολογισμός της διαχωριστικής συνάρτησης έχει γίνει με τη χρήση δειγμάτων που αντιπροσωπεύουν τις ομάδες, τότε η χρήση του Wilk's  $\Lambda$  είναι περισσότερο ένα βήμα για τον έλεγχο της στατιστικής σημαντικότητας της απόστασης ανάμεσα στις μέσες τιμές των ομάδων, παρά ένα τελικό αποτέλεσμα που θα μπορούσε να δώσει μια μέτρηση του διαχωρισμού. Αυτό σημαίνει ότι δεν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε αν η τιμή του Wilk's  $\Lambda$  που βρέθηκε από τα συγκεκριμένα δείγματα μπορεί να επεκταθεί σε ολόκληρο τον πληθυσμό πριν κάνουμε τον έλεγχο υποθέσεων που περιγράφεται παρακάτω.

Αρχικά, διατυπώνουμε τις ακόλουθες υποθέσεις:

- Μηδενική υπόθεση ( $H_0$ ): οι μέσες τιμές της μεταβλητής  $Z$  των δύο ομάδων είναι ίσες, δηλαδή Wilk's  $\Lambda = 1$ .
- Εναλλακτική υπόθεση ( $H_1$ ): οι μέσες τιμές της μεταβλητής  $Z$  των δύο ομάδων δεν είναι ίσες.

Για να κάνουμε τον έλεγχο υποθέσεων είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την κατανομή που ακολουθεί το Wilk's  $\Lambda$ . Έχει βρεθεί ότι το Wilk's  $\Lambda$  ανήκει σε μια οικογένεια καμπύλων με τρεις παραμέτρους που είναι συναρτήσεις του αριθμού των ομάδων, του αριθμού των ατόμων και του αριθμού των χαρακτηριστικών.

Πρόσφατα, δημιουργήθηκαν πίνακες που περιέχουν το Wilk's  $\Lambda$  για ορισμένες ειδικές τιμές των παραμέτρων του. Στη γενική της χρήση όμως, η κατανομή Wilk's  $\Lambda$  μετασχηματίζεται προσεγγιστικά σε κατανομή  $X^2$  ή σε κατανομή F. Οι μελετητές που ασχολήθηκαν με αυτούς τους μετασχηματισμούς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η προσέγγιση που γίνεται με την κατανομή F είναι καλύτερη από αυτή της κατανομής  $X^2$ , επειδή δίνει αποτελέσματα που είναι συμβατά με την κατανομή του Wilk's  $\Lambda$  ακόμη και για πολύ μικρό αριθμό βαθμών ελευθερίας. Το  $\Lambda$  ελέγχει τη στατιστική σημαντικότητα της απόστασης μεταξύ των μέσων τιμών των ομάδων, παρά είναι δείκτης διαχωρισμού.

Η δεύτερη στατιστική τεχνική που χρησιμοποιείται μετράει τη συσχέτιση μεταξύ των ομάδων και των διαχωριστικών συναρτήσεων ή την ποσότητα του διαχωρισμού που φέρει η κάθε συνάρτηση. Καθώς οι πραγματικές ιδιοτιμές  $\lambda_i$  δεν ερμηνεύονται απευθείας, χρησιμοποιούνται για να συγκριθούν τα σχετικά μεγέθη κάθε συνάρτησης και να φανεί πόση από την συνολική διαχωριστική ισχύ έχει η κάθε μία. Ένας άλλος δείκτης της σχέσης μεταξύ των ομάδων και της διαχωριστικής συνάρτησης, είναι ο CCC (κανονικοποιημένος συντελεστής συσχέτισης) ή  $R_i$  (Levine 1977, Bakouros 1988), **(όσο ο CCC τείνει στο 1, τόσο πιο υψηλή γίνεται η σχέση μεταξύ των ομάδων και της διαχωριστικής συνάρτησης):**

$$R_i = \sqrt{\frac{\lambda_i}{1 + \lambda_i}} \quad (2.8)$$

Η διαχωριστική συνάρτηση μεγιστοποιεί την απόσταση μεταξύ των μέσων τιμών του Z (Z-score) και διαχωρίζει τα άτομα των νέων δειγμάτων βάσει:

$$Z(\text{critical}) = \frac{Z_{m1} + Z_{m2}}{2} \quad (2.9)$$

όπου  $Z_{m1}$  και  $Z_{m2}$  είναι οι μέσες τιμές των Z (Z-score) για τις ομάδες 1 και 2 των αγωγών που αντιστοιχούν.

### Δ-2.5 Επιλογή χαρακτηριστικών της επόμενης διαχωριστικής συνάρτησης

Η επιλογή του καλύτερου συνδυασμού των ανεξάρτητων χαρακτηριστικών, από τον οποίο θα προκύψει η τελική διαχωριστική συνάρτηση, μπορεί να γίνει με δύο μεθόδους, την «ευθεία» και τη «βηματική» (stepwise method) μέθοδο.

Η «ευθεία» μέθοδος είναι εκείνη κατά την οποία όλα τα ανεξάρτητα χαρακτηριστικά εισάγονται στην ανάλυση. Έτσι, η διαχωριστική συνάρτηση προκύπτει από όλα τα ανεξάρτητα χαρακτηριστικά, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η διαχωριστική ισχύς του καθενός. Η «ευθεία» μέθοδος ενδείκνυται όταν είναι επιθυμητό να υπάρχουν όλα τα χαρακτηριστικά

στην ανάλυση και δεν ενδιαφέρει η χρησιμοποίηση των αποτελεσμάτων που βασίζονται σε συνδυασμούς των χαρακτηριστικών.

Η «βηματική» μέθοδος είναι εκείνη όπου τα ανεξάρτητα χαρακτηριστικά που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση επιλέγονται με βάση τη διαχωριστική τους ισχύ. Μερικές φορές ολόκληρος ο συνδυασμός μπορεί να δυσχεραίνει τον διαχωρισμό των ομάδων ή μερικά από τα χαρακτηριστικά να μην είναι χρήσιμα για τον διαχωρισμό των ομάδων. Επιλέγοντας τους επόμενους καλύτερους διαχωριστές (χαρακτηριστικά), προκύπτει ένας συνδυασμός χαρακτηριστικών, ο οποίος είναι σχεδόν τόσο καλός ή και καλύτερος από ολόκληρο το συνδυασμό, εξαιτίας της πιθανής ύπαρξης ασταθών χαρακτηριστικών. Κατά την εισαγωγή καινούργιων χαρακτηριστικών μέσα στον συνδυασμό, μερικά χαρακτηριστικά που υπάρχουν στο προηγούμενο βήμα μπορεί να χάσουν τη διαχωριστική τους ισχύ. Αυτό συμβαίνει επειδή οι πληροφορίες που δίνουν για τις διαφορές των ομάδων είναι τώρα διαθέσιμες από κάποια άλλα χαρακτηριστικά. Η χρήση τέτοιων χαρακτηριστικών στην ανάλυση θεωρείται πλεονασμός και για το λόγο αυτό πρέπει να αποφεύγεται.

Υπάρχουν διάφορα κριτήρια επιλογής των χαρακτηριστικών, που βοηθούν στην εφαρμογή της «βηματικής» μεθόδου. Το κριτήριο που χρησιμοποιείται κυρίως, είναι το Wilk's Lambda ( $\Lambda$ ). Όπως έχει προαναφερθεί, με το Wilk's  $\Lambda$  γίνεται ο ολικός πολυμεταβλητός έλεγχος F, για τη διαφορά των μέσων τιμών της μεταβλητής Z των δύο ομάδων. Τα χαρακτηριστικά που μεγιστοποιούν το λόγο F, ελαχιστοποιούν επίσης το Wilk's  $\Lambda$ , το οποίο αποτελεί μια μέτρηση του διαχωρισμού των ομάδων. Αυτό σημαίνει ότι όσο μικρότερη είναι η τιμή του Wilk's  $\Lambda$ , τόσο καλύτερος είναι ο διαχωρισμός που επιτυγχάνεται.

## Κεφάλαιο Δ-3: Ταξινόμηση (Classification)

### Δ-3.1 Γενικά

Στο προηγούμενο κεφάλαιο εξετάστηκε πως τα υπάρχοντα δεδομένα μπορούν να χωριστούν καλύτερα χρησιμοποιώντας μια γραμμική διαχωριστική συνάρτηση. Αν και η ανάλυση αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την κατανόηση των αιτιών που οδηγούν τα άτομα στο να ανήκουν σε κάποιες συγκεκριμένες ομάδες, και των χαρακτηριστικών που επιδρούν περισσότερο στον διαχωρισμό, ακόμη μεγαλύτερης πρακτικής σημασίας είναι η μελέτη των κανόνων ταξινόμησης, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την τοποθέτηση ενός νέου ατόμου στην σωστή ομάδα. Τότε, θα είναι δυνατόν να προβλεφθεί αν ένα συγκεκριμένο άτομο έχει, ή όχι, υψηλή πιθανότητα να ανήκει σε μία από τις ομάδες, στο τέλος ενός προκαθορισμένου χρονικού ορίζοντα.

Το θέμα αυτό είναι στενά συνδεδεμένο με την προηγούμενη διαχωριστική ανάλυση, αφού η ικανότητα τοποθέτησης εξαρτάται από τα επιλεγμένα διαχωριστικά χαρακτηριστικά. Επιπλέον, εφαρμόζοντας τους κανόνες ταξινόμησης για τα άτομα των δειγμάτων από τα οποία προέκυψε η διαχωριστική συνάρτηση, γίνεται ένας έλεγχος του διαχωρισμού των ομάδων και των δυνατοτήτων της ταξινόμησης για την κατάταξη νέων ατόμων.

Οι κανόνες ταξινόμησης που θα αναπτυχθούν, στοχεύουν στην κατάταξη των νέων ατόμων σε δύο ομάδες, αλλά μπορούν να επεκταθούν και για περισσότερες (Mahalanobis 1936; Cronbach and Gleser 1952). Πρέπει να σημειωθεί ότι σπάνια παράγεται μια μέθοδος ταξινόμησης αλάνθαστη, επειδή δεν μπορεί να υπάρξει απόλυτη διαφορά ανάμεσα στα μετρούμενα χαρακτηριστικά των ατόμων. Αυτό συμβαίνει επειδή οι ομάδες συχνά επικαλύπτονται. Έτσι, είναι πιθανό να προβλεφθεί ότι ένα άτομο θα ανήκει σε μια ομάδα Α, ενώ στο τέλος του χρονικού ορίζοντα το άτομο βρέθηκε στην άλλη ομάδα Β.

### Δ-3.2 Κανόνες ταξινόμησης

Η διαδικασία κατάταξης των ατόμων στις ομάδες βασίζεται σε κανόνες που σκοπό έχουν να ελαχιστοποιήσουν το συνολικό κόστος λανθασμένης ταξινόμησης ή κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις, την ίδια την πιθανότητα λανθασμένης ταξινόμησης. Παρακάτω δίνονται ορισμένοι βασικοί συμβολισμοί:

$X$  : Το διάνυσμα  $(vx1)$  των μετρούμενων διαχωριστικών χαρακτηριστικών  $(X_1, X_2, \dots, X_v)$ .

$f_1(X)$  : Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της  $(vx1)$  τυχαίας μεταβλητής  $X$  για την ομάδα 1.

$f_2(X)$  : Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της  $(vx1)$  τυχαίας μεταβλητής  $X$  για την ομάδα 2.

$c(1/2)$  : Το κόστος λαθεμένης ταξινόμησης ενός ατόμου στην ομάδα 1, ενώ ανήκει στην ομάδα 2.

$c(2/1)$  : Το κόστος λαθεμένης ταξινόμησης ενός ατόμου στην ομάδα 2, ενώ ανήκει στην ομάδα 1.

$P(1/2)$  : Η πιθανότητα της λαθεμένης ταξινόμησης ενός ατόμου στην ομάδα 1, ενώ ανήκει στην 2

$P(2/1)$  : Η πιθανότητα της λαθεμένης ταξινόμησης ενός ατόμου στην ομάδα 2, ενώ ανήκει στην 1

$P_1$  : Η εκ των προτέρων πιθανότητα ενός ατόμου να ανήκει στην ομάδα 1.

$P_2$  : Η εκ των προτέρων πιθανότητα ενός ατόμου να ανήκει στην ομάδα 2.

Το αναμενόμενο κόστος λαθεμένης ταξινόμησης ECM (Expected Cost of Misclassification) μπορεί να υπολογιστεί από την παρακάτω έκφραση:

$$ECM = c(1/2) \cdot P(1/2) \cdot P_2 + c(2/1) \cdot P(2/1) \cdot P_1 \quad (3.1)$$

Ένας λογικός κανόνας ταξινόμησης είναι εκείνος που ελαχιστοποιεί το ECM. Μπορεί να αποδειχθεί<sup>1</sup> ότι ο κανόνας που ελαχιστοποιεί το ECM περιγράφεται ως εξής:

🚩 Ένα άτομο με διάνυσμα διαχωριστικών χαρακτηριστικών  $X$ , ταξινομείται στην ομάδα 1 αν και μόνο αν:

$$\begin{bmatrix} f_1(x) \\ f_2(x) \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} c_{(1/2)} \\ c_{(2/1)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_2 \\ P_1 \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

διαφορετικά ταξινομείται στην ομάδα 2. Αν οι πυκνότητες πιθανότητας της μεταβλητής  $X$  ακολουθούν μια πολυκανονική κατανομή και στις δύο ομάδες, τότε η εξίσωση (3.2) απλοποιείται σημαντικά.<sup>2</sup>

Ένας άλλος κανόνας ταξινόμησης καταχωρεί ένα νέο άτομο στην ομάδα με την μεγαλύτερη εκ των υστέρων πιθανότητα  $P(1/Z)$  ή  $P(2/Z)$ . Η εκ των υστέρων πιθανότητα με την οποία ένα άτομο με τυχαία μεταβλητή  $X$  είναι μέλος της ομάδας  $g$ , μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας το θεώρημα του Bayes:

$$P(1/X) = \frac{P_1 f_1(x)}{P_1 f_1(x) + P_2 f_2(x)} \quad (3.3)$$

$$P(2/X) = 1 - P(1/X)$$

Εντούτοις, ταξινομώντας ένα άτομο στην ομάδα 1 όταν  $P(1/X) > P(2/X)$  είναι ισοδύναμο με το να ελαχιστοποιήσουμε το ECM με ίσα κόστη λαθεμένης ταξινόμησης  $c(1/2) = c(2/1)$  και είναι επίσης ισοδύναμο με το να ελαχιστοποιήσουμε την συνολική πιθανότητα

<sup>1</sup> Βλέπε Johnson & Wichern «Applied Multivariate Statistical Analysis», Prentice-Hall Int. Ed., 1988, σελ. 485-490.

<sup>2</sup> Βλέπε Johnson & Wichern «Applied Multivariate Statistical Analysis», Prentice-Hall Int. Ed., 1988, σελ. 485-490.

λαθεμένης ταξινόμησης TPM (Total Probability of Misclassification), που δίδεται από την σχέση:

$$TPM = P(1/2) \cdot P_2 + P(2/1) \cdot P_1 \quad (3.4)$$

Οι κανόνες ταξινόμησης που βασίζονται στην εξίσωση (3.2) δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατευθείαν όταν οι κατανομές πυκνότητας πιθανότητας των ομάδων  $f_1(x)$  και  $f_2(x)$  δεν είναι γνωστές. Επιπλέον, επειδή η μεταβλητή  $X$  μπορεί να περιέχει και ασυνεχή χαρακτηριστικά δεν μπορεί να υποτεθεί ότι οι πυκνότητες των ομάδων κατανέμονται κανονικά. Γι' αυτό τον λόγο, μια προσεγγιστική μέθοδος είναι αναγκαία για την εκτίμηση των  $f_1(x)$ ,  $f_2(x)$  και των εκ των υστέρων πιθανοτήτων  $P(1/X)$  και  $P(2/X)$ . Μια απλή μέθοδος υπολογισμού αυτών των πιθανοτήτων προτείνεται από τον Tatsuoka et al. (1954):

$$P(g/x) = \frac{P_g \exp(-x_g^2/2)}{P_1 \exp(-x_1^2/2) + P_2 \exp(-x_2^2/2)} \quad (3.5)$$

με  $x_1^2$  και  $x_2^2$  να υπολογίζονται από την σχέση:

$$X_g^2 = (X - X_{mg})^t W^{-1} (X - X_{mg}) \quad g = 1, 2 \quad (3.6)$$

όπου  $X_{mg}$  είναι το διάνυσμα των μέσων τιμών των χαρακτηριστικών του δείγματος από την ομάδα  $g$  και  $W$  ο πίνακας μεταβλητότητας - συµμεταβλητότητας που υπολογίζεται σύμφωνα με την σχέση:

$$W_{ij} = \frac{1}{n-g} \sum_{g=1}^g \sum_{m=1}^{n_g} (X_{igm} - M_{ig})(X_{jgm} - M_{jg}) \quad (3.7)$$

όπου  $g$  είναι ο αριθμός των ομάδων,  $n_g$  το μέγεθος του δείγματος που προέρχεται από την ομάδα  $g$ ,  $n$  είναι το μέγεθος του συνολικού δείγματος,  $X_{igk}$  είναι η τιμή του χαρακτηριστικού  $X_i$  του ατόμου  $k$  της ομάδας  $g$ , και  $M_{ig}$  είναι η μέση τιμή του χαρακτηριστικού  $i$  του δείγματος της ομάδας  $g$ .

Στην περίπτωση που οι αρχικές πιθανότητες  $P_1$ ,  $P_2$  είναι ίσες τότε η εξίσωση (3.6) μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν κανόνας ταξινόμησης μετρώντας ουσιαστικά τις αποστάσεις κάθε ατόμου από τις μέσες τιμές των ομάδων και ταξινομώντας το στην ομάδα με την μικρότερη απόσταση. Αυτή είναι και η πιο απλή περίπτωση ταξινόμησης γιατί δεν λαμβάνει υπόψη το κόστος και τις αρχικές πιθανότητες.

### Δ-3.3 Ποσοστά και πίνακας ταξινόμησης

Ένας κοινός τρόπος για να ερευνηθούν τα αποτελέσματα της διαχωριστικής ανάλυσης, αφού έχει προσδιορισθεί η καλύτερη διαχωριστική συνάρτηση, είναι η εφαρμογή των κανόνων ταξινόμησης στα άτομα των δύο δειγμάτων και η δημιουργία του πίνακα ταξινόμησης. Ο πίνακας αυτός περιέχει τον αριθμό των σωστών και λαθεμένων ταξινομήσεων που παράγονται από τους κανόνες ταξινόμησης.

Αν ο όρος  $N_{ij}$  συμβολίζει τον αριθμό των ατόμων που ανήκουν πραγματικά στην ομάδα  $i$  και ταξινομούνται στην ομάδα  $j$ , τότε στην περίπτωση των δύο ομάδων, ο πίνακας ταξινόμησης είναι διαστάσεων  $2 \times 2$ . Ο παρακάτω πίνακας είναι πίνακας ταξινόμησης στην γενική του μορφή.

		Προβλεπόμενη ή Ταξινομηθείσα Ομάδα		
		1	2	
Πραγματικά	Ομάδα 1	$N_{11}$	$N_{12}$	$N_{1J}$
	Ομάδα 2	$N_{21}$	$N_{22}$	$N_{2J}$
		$N_{i1}$	$N_{i2}$	

όπου τα στοιχεία της κύριας διαγωνίου συμβολίζουν τον αριθμό σωστών ταξινομήσεων και τα στοιχεία της δευτερεύουσας διαγωνίου τον αριθμό των λανθασμένων ταξινομήσεων. Από τον πίνακα ταξινόμησης μπορούν να υπολογιστούν τα εξής ποσοστά σωστής ταξινόμησης:

$$\begin{aligned}
 (EF_1) &= (N_{11} / N_1) \cdot 100\% \\
 (EF_2) &= (N_{22} / N_2) \cdot 100\% \\
 (EF_t) &= \left\{ (N_{11} + N_{22}) / N \right\} \cdot 100\%
 \end{aligned}
 \tag{3.8}$$

Τα δύο πρώτα ποσοστά δίνουν την διαχωριστική ικανότητα που μπορεί να επιτευχθεί για κάθε ομάδα. Το τρίτο ποσοστό δείχνει την διαχωριστική ικανότητα για όλο τον πληθυσμό. Αν ο μοναδικός τρόπος της διαχωριστικής ανάλυσης είναι να μεγιστοποιεί το συνολικό ποσοστό της σωστής ταξινόμησης, τότε σαφώς το ποσοστό  $Ef_t$  είναι το καταλληλότερο κριτήριο. Αλλά μερικές φορές είναι πιο σημαντικό να μεγιστοποιείται είτε το  $EF_1$  είτε το  $EF_2$ , όταν το αντίστοιχο κόστος λαθεμένης ταξινόμησης είναι πολύ υψηλό.



## Κεφάλαιο Δ-4: Συσχέτιση Διαχωριστικής Ανάλυσης-Ταξινόμησης

### Δ-4.1 Γενικά

Στο γενικό πλαίσιο, το βασικό πρόβλημα που πρέπει να επιλυθεί είναι η πρόβλεψη της κατάστασης ενός ατόμου σε μια δεδομένη χρονική περίοδο. Οι δύο στατιστικές τεχνικές που έχουν παρουσιαστεί μέχρι το σημείο αυτό, έχουν την δυνατότητα να επιλύσουν το πρόβλημα αυτό, χωριστά η κάθε μια.

Από τη μέχρι τώρα ανάλυση φάνηκε ότι η διαχωριστική ανάλυση είναι καθαρά μια τεχνική διαχωρισμού και η ταξινόμηση μια μέθοδος μέτρησης αυτού του διαχωρισμού και κατάταξης νέων ατόμων. Στην πραγματικότητα, η διαχωριστική ανάλυση προσφέρεται και για την κατάταξη των νέων ατόμων. Η κατάταξη αυτή γίνεται σύμφωνα με τον κανόνα ταξινόμησης (3.6), όπου μετρούνται μόνο οι αποστάσεις από τα κέντρα των ομάδων. Για παράδειγμα, παρατηρώντας το σχήμα (2.1), αν ένα άτομο έχει συντεταγμένες στην περιοχή αριστερά από το σημείο τομής των καμπυλών κατατάσσεται στην ομάδα των επιτυχιών, διαφορετικά κατατάσσεται στην ομάδα των αποτυχιών. Το πλεονέκτημα της κατάταξης με την διαχωριστική ανάλυση είναι ότι ελαχιστοποιείται η περιοχή επικάλυψης των δύο ομάδων, αλλά δεν λαμβάνονται υπόψη οι αρχικές πιθανότητες και τα κόστη λαθεμένης ταξινόμησης. Αυτό αποτελεί ένα σοβαρό μειονέκτημα για την κατάταξη νέων ατόμων μέσω της διαχωριστικής ανάλυσης.

Απεναντίας, ένα είδος διαχωρισμού μπορεί να γίνει και με την τεχνική της ταξινόμησης, αν οι κανόνες της χρησιμοποιηθούν σε δείγματα των οποίων είναι γνωστή η προέλευσή τους. Σίγουρα, η ταξινόμηση είναι μια αδύνατη τεχνική στον διαχωρισμό δειγμάτων ή ομάδων, αφού αγνοείται εντελώς η βαρύτητα και η σταθερότητα του κάθε χαρακτηριστικού. Επομένως, η επιλογή του συνδυασμού των χαρακτηριστικών που επιτυγχάνει τον καλύτερο διαχωρισμό καταντά μια χρονοβόρα διαδικασία, αφού βασίζεται σε τυχαίους παράγοντες. Αναμφισβήτητα, όμως, η ταξινόμηση είναι ένα ισχυρό μεθοδολογικό εργαλείο προκειμένου να καταχωρηθούν νέα άτομα σε υπάρχουσες ομάδες, κάνοντας χρήση ρεαλιστικών κριτηρίων.

### Δ-4.2 Πρόβλεψη της αξιοπιστίας ενός νέου ατόμου με το κριτήριο του κρίσιμου-Z

Η διαδικασία με την οποία προβλέπεται η τελική κατάσταση ενός ατόμου γραφικά (από το σχήμα 2.1), είναι η εξής:

- Μετρούνται τα χαρακτηριστικά του νέου ατόμου.
- Εισάγονται στην διαχωριστική συνάρτηση, μαζί με τους συντελεστές που υπάρχουν στο διάγραμμα και υπολογίζεται η διαχωριστική μεταβλητή.
- Υψώνεται ευθεία κάθετη στον άξονα Z από την τιμή που υπολογίστηκε, η οποία τέμνει τις καμπύλες  $P(S/Z)$  και  $P(F/Z)$  στα σημεία A και B.

- Αν το σημείο A είναι πάνω από το σημείο B, τότε η πιθανότητα του ατόμου να ανήκει στις επιτυχίες είναι μεγαλύτερη από την πιθανότητα να ανήκει στις αποτυχίες και επομένως κατατάσσεται στην ομάδα των επιτυχιών (σχήμα Δ-2.1). Στην αντίθετη περίπτωση κατατάσσεται στην ομάδα των αποτυχιών.

Από την χρήση της εξίσωσης (2.9) που υπολογίζει την τιμή του κρίσιμου Z ( $Z_{critical}$ ) μπορεί επίσης κανείς να προβλέψει σε ποια ομάδα θα ανήκει ένα νέο άτομο. Ακολουθούνται τα πρώτα δύο βήματα της διαδικασίας της γραφικής πρόβλεψης από όπου υπολογίζεται η διαχωριστική μεταβλητή. Από τον τύπο (2.9) υπολογίζεται το κρίσιμο-Z ( $Z_{critical}$ ). Αν η διαχωριστική μεταβλητή του ατόμου είναι μεγαλύτερη (ή μικρότερη) από το κρίσιμο-Z, τότε το νέο άτομο ανήκει στις αποτυχίες (ή τις επιτυχίες με βάση το διάγραμμα του σχήματος Δ-2.1).

### Δ-4.3 Έλεγχος εφαρμογής του διαγράμματος ταξινόμησης

Όταν μέσα στην διαχωριστική μεταβλητή υπάρχουν χαρακτηριστικά που δεν κατανέμονται κανονικά ή τα οποία είναι ασυνεχή, η υπόθεση της πολυκανονικότητας είναι αμφισβητήσιμη και η παραπάνω θεωρία δεν μπορεί να εφαρμοστεί άμεσα. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να γίνει ένας έλεγχος προσαρμογής κανονικής κατανομής της μεταβλητής Z και των παραμέτρων της.

### Δ-4.4 Έλεγχος κανονικότητας της διαχωριστικής μεταβλητής

Ο έλεγχος της κανονικότητας της κατανομής γίνεται χρήση της μεθόδου Kolmogorov – Smirnov (Ψωινός, 1992). Ο έλεγχος αυτός μπορεί να εφαρμοστεί με οποιοδήποτε μέγεθος δείγματος και ενδείκνυται στις περιπτώσεις που το μέγεθος του δείγματος είναι μικρό.

Αρχικά, με την μέθοδο της μέγιστης πιθανότητας εκτιμώνται οι παράμετροι της κανονικής κατανομής. Κατόπιν, με τις εκτιμήτριες που έχουν υπολογιστεί προσδιορίζονται οι αθροιστικές πιθανότητες  $\Phi(Z)$  από τους πίνακες της κανονικής κατανομής.

Στην συνέχεια ταξινομούνται οι τιμές της μεταβλητής Z του δείγματος κατά αύξουσα τάξη. Σχηματίζεται η αθροιστική συνάρτηση συχνότητας  $\Phi^*(Z)$  που αρχίζει από τον μηδέν και αυξάνεται κλιμακωτά, με βήμα  $1/n_g$ , μέχρι την μονάδα. Όπου  $n_g$  είναι το μέγεθος του δείγματος που αντιπροσωπεύει την ομάδα g.

Τέλος, υπολογίζεται η μέγιστη διαφορά:

$$D_n(Z) = \max[\Phi^*(Z) - \Phi(Z)] \quad (4.1)$$

Αν η τιμή της  $D_n(Z)$  είναι μεγαλύτερη ή ίση από το  $D_Z$ , η υπόθεση της κανονικότητας της Z για την συγκεκριμένη ομάδα απορρίπτεται. Η τιμή του  $D_Z$  διαβάζεται από τους πίνακες Kolmogorov - Smirnov για ορισμένο επίπεδο σημαντικότητας και μέγεθος δείγματος.

## Κεφάλαιο Δ-5: Χρήση Ομαδοποιημένων Μεταβλητών για βελτιστοποίηση πρόβλεψης Αξιοπιστίας Αγωγών Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

### Δ-5.1 Γενικά

Σκοπός των κεφαλαίων που ακολουθούν είναι η μελέτη της αξιοπιστίας των υποθαλάσσιων αγωγών πετρελαίου και φυσικού αερίου που είναι εγκατεστημένοι στην Βόρεια Θάλασσα και στον Κόλπο του Μεξικού. Για τον σκοπό αυτό, γίνεται χρήση των πολυμεταβλητών στατιστικών τεχνικών της διαχωριστικής ανάλυσης και της ταξινόμησης (μέθοδος DAC). Οι βασικές αρχές των δύο αυτών τεχνικών αναπτύχθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια.

Ένα σημαντικό επιστημονικό πεδίο, στο οποίο έχει εφαρμοστεί η μέθοδος DAC (Tsitsifli et al., 2006) είναι αυτό της μελέτης της αξιοπιστίας των υποθαλάσσιων αγωγών μεταφοράς πετρελαίου και φυσικού αερίου.

Η ανάλυση ξεκινά με την μελέτη των δεδομένων των αγωγών και τον διαχωρισμό τους σε δύο ομάδες: των επιτυχιών και των αποτυχιών. Στην ομάδα των επιτυχιών περιλαμβάνονται εκείνοι οι αγωγοί οι οποίοι καθ' όλη την διάρκεια της συλλογής των δεδομένων δεν παρουσίασαν καμία βλάβη. Αντίστοιχα στην ομάδα των αποτυχιών περιλαμβάνονται όλοι εκείνοι οι αγωγοί οι οποίοι παρουσίασαν τουλάχιστον μία φορά βλάβη, είτε πριν (κατά τη διάρκεια της δοκιμαστικής τους λειτουργίας) είτε μετά την τοποθέτηση και λειτουργία τους.

Στη συνέχεια, γίνεται η επιλογή εκείνων των χαρακτηριστικών των αγωγών (ή ενδεχομένως και άλλων παραμέτρων που μπορεί να απαιτούνται), που θα χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση. Αντικειμενικός σκοπός η επιλογή πλέον εκείνων των χαρακτηριστικών τα οποία θα παρουσιάζουν την μεγαλύτερη διαχωριστική ισχύ και θα παρέχουν εκείνη την διαχωριστική συνάρτηση που θα περιγράφει με τον βέλτιστο μαθηματικό τρόπο την συμπεριφορά των αγωγών.

Η οργάνωση για την επιλογή των χαρακτηριστικών αυτών γίνεται με την δημιουργία διαφόρων σεναρίων, τα οποία περιλαμβάνουν διαφορετικούς συνδυασμούς χαρακτηριστικών. Κάθε ένα από τα σενάρια αυτά αναλύεται χωριστά έτσι ώστε τελικά να παρουσιάζεται μια γενική συγκριτική εικόνα αυτών.

Τέλος, με τον συνδυασμό των δύο τεχνικών της διαχωριστικής ανάλυσης και της ταξινόμησης, γίνεται η εκτίμηση της πιθανότητας ενός αγωγού, εκ των προτέρων, να ανήκει στην ομάδα των επιτυχιών ή των αποτυχιών, απλώς έχοντας μετρήσει τα χαρακτηριστικά του αγωγού τα οποία έχουν προεπιλεγεί.

Βασική ιδιαιτερότητα στην ανάλυση που ακολουθεί αποτελεί η εισαγωγή ομαδοποιημένων χαρακτηριστικών, πέρα των απλών μεταβλητών. Οι τιμές των χαρακτηριστικών αυτών δεν παρέχονται αυτούσιες από τα δεδομένα, αλλά αποτελούν συνδυασμούς άλλων χαρακτηριστικών.

## Δ-5.2 Η ανάγκη για υψηλή αξιοπιστία των αγωγών πετρελαίου και φυσικού αερίου

Η αυξανόμενη ένταση των παράκτιων δραστηριοτήτων, παρακινούμενη από την πετρελαϊκή κρίση, είχε ως αποτέλεσμα την εγκατάσταση ενός σημαντικού αριθμού πετρελαιαγωγών μεγάλου μήκους που μεταφέρουν αργό πετρέλαιο και φυσικό αέριο, στοιχεία ζωτικής σημασίας για την οικονομία αρκετών χωρών. Το εξαιρετικά υψηλό κόστος κεφαλαίου τέτοιων αγωγών σε συνδυασμό με το τεράστιο κόστος ανάπτυξης των περιοχών ύπαρξης πετρελαίου, οδήγησε στην ανάγκη εστίασης της προσοχής στην αξιοπιστία των αγωγών αυτών, ειδικά καθώς σχετίζεται αυτή με τα χαμένα έσοδα ή το ευκαιριακό κόστος που προκύπτουν σε περιπτώσεις μειζόνων αστοχιών των αγωγών και το πολύ υψηλό κόστος συντήρησης που απαιτείται για την επίλυση τέτοιων προβλημάτων.

Η λειτουργία τέτοιων μεγάλων συστημάτων πετρελαιαγωγών καθίσταται επίσης ιδιαίτερα περίπλοκη καθώς πολλές περιοχές είναι συνδεδεμένες σε ένα κοινό δίκτυο, το οποίο απαιτεί την αξιόπιστη λειτουργία καθενός τμήματος του δικτύου. Συνεπώς, ένας παράγοντας αύξουσας σημασίας περιλαμβάνει τις οικονομικές εμπλοκές της αξιοπιστίας των αγωγών, δηλαδή η μηχανολογική πολυπλοκότητα ενός συστήματος αγωγών πετρελαίου πρέπει να μεταφραστεί σε όρους οικονομικούς. Επιτακτική δηλαδή καθίσταται η ανάγκη προσαρμογής της παρούσας επιστημονικής γνώσης στα δεδομένα και τις συνθήκες ανοικτής θαλάσσης, καθώς και της αναγνώρισης των ιδιαίτερων διαφορών μεταξύ των λειτουργιών στην στεριά και στην θάλασσα, ειδικά όσον αφορά τις δυσκολίες και το υψηλό κόστος σχετιζόμενο με υποθαλάσσιες επιθεωρήσεις, συντήρηση και επισκευή.

Λόγω της εύλογης ανησυχίας των σχεδιαστών μηχανικών όσον αφορά το υψηλό κόστος ενδεχόμενων επισκευών ή οικολογικών καταστροφών ως αποτέλεσμα αστοχιών, ο σχεδιασμός των υποβρύχιων πετρελαιαγωγών γίνεται βάσει αυστηρών μηχανολογικών κριτηρίων ώστε να μπορούν να ανταπεξέλθουν στις πιο δυσμενείς συνθήκες που είναι δυνατόν να επιβληθούν λόγω της δριμύτητας του περιβάλλοντος στο οποίο εγκαθίστανται. Η περιβαλλοντική μόλυνση και τα πολιτικά προβλήματα που ακολουθούν την αστοχία ενός υποθαλάσσιου πετρελαιαγωγού αποτελούν αρκετά σημαντικούς λόγους για την εξασφάλιση του υψηλότερου βαθμού αξιοπιστίας.

Μια μείζονα απαίτηση για την εκτίμηση της αξιοπιστίας ενός πετρελαιαγωγού αποτελούν τα ιστορικά δεδομένα που σχετίζονται με τις αποτυχίες κατά την λειτουργία παρομοίων αγωγών. Δυστυχώς, υφίσταται έλλειψη τέτοιων στοιχείων, παρόλο που πλήθος δεδομένων υπάρχουν για τους αγωγούς στην στεριά. Εντούτοις, η άμεση εφαρμογή τους στους αγωγούς ανοικτής θαλάσσης, πέρα ορισμένων ειδικών περιπτώσεων, είναι συχνά εσφαλμένη. Είναι προφανές επομένως, ότι η συλλογή σχετικών στοιχείων και η κατάλληλη ανάλυσή τους αποτελεί έναν παράγοντα κλειδί στον καθορισμό της αξιοπιστίας υποθαλάσσιων αγωγών. Παρόλη την διεύρυνση των δραστηριοτήτων ανοικτής θαλάσσης κατά την διάρκεια των τελευταίων τριών δεκαετιών, μόνο λίγοι ερευνητές και οργανισμοί έχουν δημοσιεύσει μελέτες που να σχετίζονται με την αξιοπιστία των αγωγών, με σκοπό την γνωστική εμβάθυνση στους ενυπάρχοντες ρυθμούς αποτυχιών, την κοστολογικά αποτελεσματική αξιοπιστία και την βελτίωση της ασφάλειας. Στα πλαίσια αυτά, οι μελέτες των Cannon et al. (1985) και de la Mare et al. (1980), είναι οι πιο σημαντικές.

### Δ-5.3 Η σημασία της χρήσης ομαδοποιημένων μεταβλητών στην αξιοπιστία

Οι πολυμεταβλητές στατιστικές τεχνικές της διαχωριστικής ανάλυσης και της ταξινόμησης επεξεργάζονται τις τιμές διαφόρων χαρακτηριστικών με σκοπό την αλγεβρική διατύπωση και περιγραφή των διαφορών των ατόμων των εξεταζόμενων ομάδων. Η συμπεριφορά των ατόμων έχει άμεση σχέση σε κάθε περίπτωση με τις τιμές των χαρακτηριστικών που επιλέγονται και τα οποία φέρουν τον «χαρακτήρα» και τις ιδιότητες του κάθε ατόμου. Έτσι, γίνεται σαφής η σπουδαιότητα της επιλογής των χαρακτηριστικών στα στατιστικά αποτελέσματα και την εγκυρότητα αυτών.

Στην παρούσα μελέτη, εκτός από την χρησιμοποίηση των απλών χαρακτηριστικών, επιχειρείται η εισαγωγή και ομαδοποιημένων μεταβλητών (Stourm, 1997). Η τιμές αυτών προκύπτουν από συνδυασμούς άλλων απλών χαρακτηριστικών.

Η σημασία της χρήσης τέτοιου είδους μεταβλητών αποδεικνύεται ιδιαίτερα μεγάλη και ταυτόχρονα πολύπλευρη. Βασικό χαρακτηριστικό των ομαδοποιημένων μεταβλητών είναι το ότι «φέρουν» μεγαλύτερο πλήθος πληροφοριών για τα άτομα των ομάδων, καθώς αποτελούν συνδυασμούς άλλων μεταβλητών.

Παράλληλα όμως, μελετάται και η αλληλεπίδραση ανάμεσα σε χαρακτηριστικά, τα οποία ως μεμονωμένα, ενδεχομένως, δεν αποτελούν ικανό διαχωριστικό μέσο. Έτσι, για παράδειγμα, η πρακτική αποδεικνύει ότι ένας αγωγός μεγάλου μήκους με μικρό χρόνο ζωής συμπεριφέρεται διαφορετικά απ' ό,τι έναν αγωγό μικρού μήκους και μεγάλης διάρκειας ζωής. Συνδυάζοντας, λοιπόν, τα χαρακτηριστικά «Μήκος» και «Χρόνο ζωής» ενός αγωγού, δημιουργείται ένα νέο χαρακτηριστικό που περιγράφει την ιδιότητα αυτή.

Επιπλέον, η ταυτόχρονη παρουσία ενός χαρακτηριστικού μεμονωμένα καθώς και μέσα σε ομαδοποιημένες μεταβλητές, ενδέχεται να αναβαθμίσει ή να υποβαθμίσει την διαχωριστική ισχύ της συνάρτησης, ανάλογα με τον αν «τονίζεται» η ισχύς του ή αν οι πληροφορίες που «φέρει» καθίστανται πλεονάζουσες, αντίστοιχα.

Μια άλλη σημαντική ιδιαιτερότητα των ομαδοποιημένων χαρακτηριστικών, αποτελεί το γεγονός ότι μπορούν να αποτελούν, εκτός από απλούς συνδυασμούς, και παραστάσεις οι οποίες εκφράζουν την φυσική σημασία ενός φαινομένου π.χ. ή μιας ιδιότητας. Η ικανότητα αυτή των ομαδοποιημένων μεταβλητών είναι ιδιαίτερα σημαντική δεδομένου ότι πλέον λαμβάνουμε υπόψη και την βαρύτητα φυσικών μεγεθών και παραγόντων που μπορούν να επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό, ενδεχομένως, την συμπεριφορά και την αξιοπιστία ενός αγωγού.

Η παραπάνω διαπίστωση, λαμβάνει μεγαλύτερη σημασία στην περίπτωση της χρησιμοποίησης **αδιάστατων** ομαδοποιημένων χαρακτηριστικών. Η χρήση αδιάστατων μεγεθών πλεονεκτεί κυρίως στο ότι επιτυγχάνεται η απαλοιφή των μονάδων του κάθε χαρακτηριστικού, ανεξαρτητοποιώντας ουσιαστικά την ανάλυση από τις διαστατικές διαφορές μεταξύ των μεγεθών. Επιπρόσθετα, οι αδιάστατες μεταβλητές έχουν άμεση σχέση με την ερμηνεία διαφόρων φαινομένων που μπορεί να λαμβάνουν χώρα στο πεδίο της μελέτης. Έτσι, π.χ. η επιλογή ως χαρακτηριστικού της αδιάστατης ομαδοποιημένης μεταβλητής  $Re$  (αριθμός Reynolds), συμπεριλαμβάνει στην ανάλυση την επίδραση των ροϊκών φαινομένων που λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό ενός αγωγού.

Συμπερασματικά, με την εισαγωγή ομαδοποιημένων μεταβλητών στο σύστημα επιτυγχάνεται η αποτελεσματικότερη και ακριβέστερη πρόβλεψη αξιοπιστίας, συνδυάζοντας παράλληλα την ανάλυση αυτή με άλλες παραμέτρους (Μηχανική των Ρευστών, Μετάδοση Θερμότητας, Δυναμική Κυμάτων κ.ά.) που ενδεχομένως έχουν άμεση επίδραση στην συμπεριφορά του συστήματος.

#### Δ-5.4 Απλές και ομαδοποιημένες μεταβλητές για τα δίκτυα μεταφοράς πετρελαίου και φυσικού αερίου της Βόρειας Θάλασσας και του Κόλπου του Μεξικού

Για την περίπτωση των αγωγών μεταφοράς πετρελαίου και φυσικού αερίου της Βόρειας Θάλασσας (ΒΘ) και του Κόλπου του Μεξικού (ΚΜ) χρησιμοποιούνται τόσο απλές όσο και ομαδοποιημένες μεταβλητές (πίνακας Δ-5.1). Στον πίνακα Δ-5.2 φαίνονται οι μέσοι όροι, οι τυπικές αποκλίσεις και οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές των απλών μεταβλητών για τα δύο δίκτυα.

**Πίνακας Δ-5.1.** Απλές και ομαδοποιημένες μεταβλητές για την ΒΘ και τον ΚΜ

Απλές	Μονάδες	ΒΘ	ΚΜ	Ομαδοποιημένες	Αντιπροσωπεύει	Μονάδες	ΒΘ	ΚΜ
Μήκος-L	Km	x	x	DIM1	$[GR/10^5(OP)]10^4$		x	
Διάμετρος-D	inches	x	x	DIM2	$[10^3(L)] / [2,54 \cdot 10^{-2}(D) 10^3]$		x	x
Πάχος τοιχώματος-TH	inches	x		DIM3	$[1000(TH)/(D)]$		x	
Πίεση λειτουργίας-OP	bar	x	x	DIM4	$[(\sigma_L)(\sigma_E)/(GR)^2]$		x	
Όριο διαρροής-GR	N/m <sup>2</sup>	x		DIM5	$2,54 \pi 10 10^{-6}(D)(L)(LT)$	m <sup>2</sup> .μήνες	x	x
Προϊόν-PR		x	x					
Χρόνος ζωής-LT	Μήνες	x	x					

**Πίνακας Δ-5.2.** Μέσος όρος, τυπική απόκλιση, μέγιστη (MAX) και ελάχιστη (MIN) τιμή για τις μεταβλητές της ΒΘ και του ΚΜ

Μεταβλητή		Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	MIN	MAX		Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	MIN	MAX
Μήκος (km)	Δίκτυο ΒΘ	50,430	65,585	1	452	Δίκτυο ΚΜ	12,05	19,91	0,1	114
Διάμετρος(inches)		22,365	8,807	3	36		8,00	4,57	2	30
Πάχος(inches)		0,610	0,165	0,079	1					
Πίεση(bar)		112,556	32,645	18	255		89,55	41,13	12	330
Όριο διαρροής(N/m <sup>2</sup> )		411,411	41,52	253	480					
Χρόνος ζωής (μήνες)		64,72	52.36	0	221		109,93	82,13	1	386

- Η μεταβλητή DIM1 αποτελεί ουσιαστικά έναν συντελεστή ασφαλείας λειτουργίας του αγωγού, όσον αφορά την πίεση λειτουργίας του σε σχέση με την τάση διαρροής του υλικού. Πολλαπλασιάζεται με το  $10^4$  γιατί προκύπτουν πολύ μικρές αρχικές τιμές.
- Η μεταβλητή DIM2 εκφράζει τον αδιάστατο λόγο του μήκους του αγωγού ως προς την διάμετρό του. Η μεταβλητή αυτή παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, δεδομένου ότι συνδυάζει δύο χαρακτηριστικά τα οποία συνδυαστικά επηρεάζουν σαφώς την αξιοπιστία του αγωγού. Έτσι, π.χ. ένας αγωγός μεγάλου μήκους θα πρέπει να έχει μεγαλύτερη διάμετρο από έναν αγωγό μικρότερου μήκους, βάσει της απλής πρακτικής. Λόγω των μεγάλων μεγεθών που προκύπτουν, οι τελικές τιμές έχουν διαιρεθεί με το 1000.

- Η μεταβλητή DIM3 εισάγει τον αδιάστατο λόγο του πάχους των τοιχωμάτων του αγωγού και της διαμέτρου του. Λόγω των μικρών μεγεθών που προκύπτουν, οι τελικές τιμές έχουν πολλαπλασιαστεί με το 1000.
- Η μεταβλητή DIM4 αποτελεί ουσιαστικά έναν συνδυασμό τριών παραμέτρων:
  - ο του ορίου διαρροής του υλικού του αγωγού (Grade),
  - ο της εφελκυστικής τάσης κατά μήκος του σωλήνα  $\sigma_L = \frac{P \cdot D}{4T}$ ,
  - ο και της εφαπτομενικής τάσης  $\sigma_E = \frac{P \cdot D}{2T}$ .
- Η μεταβλητή DIM5 εκφράζει τον λόγο της επιφάνειας του αγωγού επί τον χρόνο ζωής του. Λόγω των μεγάλων μεγεθών που προκύπτουν, οι τελικές τιμές έχουν διαιρεθεί με το  $10^6$ .

## Κεφάλαιο Δ- 6: Εφαρμογή της Μεθόδου DAC σε Αγωγούς Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου της Βορείου Θάλασσας

### Δ-6.1 Γενικά

Στις ακόλουθες παραγράφους, παρουσιάζεται λεπτομερειακά η ανάλυση της αξιοπιστίας των αγωγών πετρελαίου και φυσικού αερίου στην Βόρεια Θάλασσα, βάσει της μεθόδου DAC. Η πρακτική μελέτη της αξιοπιστίας, περιλαμβάνει την παρουσίαση και ανάλυση 22 σεναρίων τα οποία αποτελούνται από συνδυασμούς 12 διαφορετικών μεταβλητών, ομαδοποιημένων και μη (πίνακας Δ-5.1). Απώτερος σκοπός της διερεύνησης αυτής, η αναζήτηση εκείνου του σεναρίου που στο σύνολό του εμφανίζει τις βέλτιστες στατιστικές παραμέτρους που μελετούμε και την μεγαλύτερη ικανότητα διαχωρισμού των δύο ομάδων, ώστε η πρόβλεψη ταξινόμησης ενός νέου αγωγού να γίνεται με την μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια.

### Δ-6.2 Σενάρια μελέτης αξιοπιστίας των αγωγών της Βορείου Θάλασσας

Όλες οι πληροφορίες που διατίθενται για την περαιτέρω μελέτη, δομούνται σε δύο κύριες βάσεις δεδομένων, τα αρχεία απογραφής και τα αρχεία συμβάντων. Τα δεδομένα χρονολογούνται από τις αρχές του έτους 1967 μέχρι τα τέλη του 1986. Στην πρώτη κατηγορία συμπεριλαμβάνονται τα στοιχεία του πίνακα Δ-6.1 για όλους τους αγωγούς.

**Πίνακας Δ-6.1.** Αρχεία Απογραφής και Αρχεία Συμβάντων για τη Βόρεια Θάλασσα

	Αρχεία Απογραφής	Αρχεία Γεγονότων
1	Κωδικός αριθμός μητρώου για κάθε αγωγό	Κωδικός αριθμός για τον διαχωρισμό κάθε ξεχωριστής αποτυχίας
2	Χώρα στην οποία καταλήγει ο αγωγός	Κωδικός αριθμός καταλόγου συμβάντων
3	Περιοχή από την οποία ξεκινά ο αγωγός	Διαδρομή του αγωγού
4	Διαδρομή που ακολουθεί ο αγωγός	Ημερομηνία εγκατάστασης αγωγού
5	Ιδιοκτήτρια εταιρεία του αγωγού	Ημερομηνία που έλαβε χώρα η αποτυχία
6	Μεταφερόμενο Προϊόν (π.χ. πετρέλαιο, φυσικό αέριο)	Κατάσταση λειτουργίας όταν συνέβη η αποτυχία (Hydrotest, εγκατάσταση ,λειτουργία κλπ.)
7	Ημερομηνία εγκατάστασης του αγωγού	Τοποθεσία που συνέβη η αποτυχία (κοντά στην πλατφόρμα, ανοικτή θάλασσα, κοντά στην ακτή)
8	Μήκος του αγωγού (km)	Βάθος του σημείου που παρουσιάστηκε η αποτυχία (m)
9	Διάμετρος του αγωγού (in)	Γεγονός της αποτυχίας
10	Πάχος τοιχώματος του αγωγού (in)	Αίτιο της αποτυχίας
11	Υλικό κατασκευής του αγωγού	Μέθοδος επισκευής
12	Χρησιμοποιούμενο αντιδιαβρωτικό και αντιοξειδωτικό υλικό	Το όνομα της αρχικής και των ακόλουθων πηγών καταγραφής των αποτυχιών του αγωγού
13	Χρησιμοποιούμενη καθοδική προστασία	Αριθμός της αποτυχίας για κάθε χρόνο από το 1967 (χρονολογία εγκατάστασης του πρώτου αγωγού)
14	Είδος επικάλυψης αγωγού (τσιμέντο)	
15	Πάχος επικάλυψης αγωγού	
16	Πίεση λειτουργίας του αγωγού (bars)	
17	Πλήθος αποτυχιών του αγωγού	



	Αρχεία Απογραφής	Αρχεία Γεγονότων
18	Ημερομηνίες αποτυχιών	

Σημειώνεται ότι υπήρξαν περιπτώσεις αγωγών οι οποίοι αστόχησαν περισσότερες από μία φορές. Κάθε επιπρόσθετη αποτυχία προσμετρήθηκε στην ομάδα των αποτυχιών κανονικά. Επίσης, αγωγοί οι οποίοι αστόχησαν πριν ή κατά την διάρκεια της εγκατάστασης, θεωρούνται ως αποτυχόντες και συγκαταλέγονται στην ομάδα των αποτυχιών, με μηδενικό χρόνο ζωής. Στο δίκτυο της ΒΘ ο ετήσιος ρυθμός αποτυχιών ήταν 1,3 αποτυχίες/1000 km αγωγών. Οι αποτυχίες ακολούθησαν μία χωρική κατανομή κοντά στην πλατφόρμα. Οι άγκυρες και τα τρίτα μέρη ήταν οι κύριες αιτίες των αποτυχιών. Τέλος, αναφέρεται ότι το αρχείο απογραφής (inventory file) περιλαμβάνει συνολικά 138 αγωγούς από τους οποίους οι 29 αστόχησαν, σημειώνοντας 59 αποτυχίες, και οι υπόλοιποι 109 δεν παρουσίασαν καμία βλάβη.

Στον πίνακα Δ-6.2 παρουσιάζονται όλα τα σενάρια για την Βόρεια Θάλασσα και οι μεταβλητές που αντιστοιχούν σε κάθε σενάριο.

**Πίνακας Δ-6.2.** Σενάρια για την ΒΘ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
<b>L</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x							x
<b>D</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		x						
<b>TH</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x				x				x	
<b>OP</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x				x				x
<b>LT</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x							x	x	x
<b>GR</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>PR</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>DIM1</b>	x		x						x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	
<b>DIM2</b>	x			x				x		x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	
<b>DIM3</b>	x				x			x	x		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x
<b>DIM4</b>	x					x		x	x	x		x	x		x	x	x	x	x	x	x		
<b>DIM5</b>	x						x	x	x	x	x		x	x		x	x	x	x	x	x		

### Δ-6.3 Αποτελέσματα και συζήτηση

Τα αποτελέσματα του πρώτου μέρους της ανάλυσης (πίνακας Δ-6.3) δείχνουν ότι:

- Η περισσότερο σημαντική μεταβλητή (αυτή που έχει την μεγαλύτερη απόλυτη τιμή του  $S_i$ ) και συνεισφέρει περισσότερο στον διαχωρισμό (σε 15 από τα 22 σενάρια) είναι ο χρόνος ζωής των αγωγών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι τιμές του χρόνου ζωής διαφέρουν πολύ (μεγάλη τιμή τυπικής απόκλισης (πίνακας Δ-5.2)).
- Η μεταβλητή «προϊόν» ανεδείχθη ότι δεν είναι σημαντική αλλά είναι ευσταθής και έτσι δεν μπορεί να αγνοηθεί.
- Οι μεταβλητές χρόνος ζωής, μήκος αγωγού και DIM3 είναι οι περισσότερο κοινές και ευσταθείς και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.

**Πίνακας Δ-6.3.** Αποτελέσματα για την ΒΘ (μέρος I)

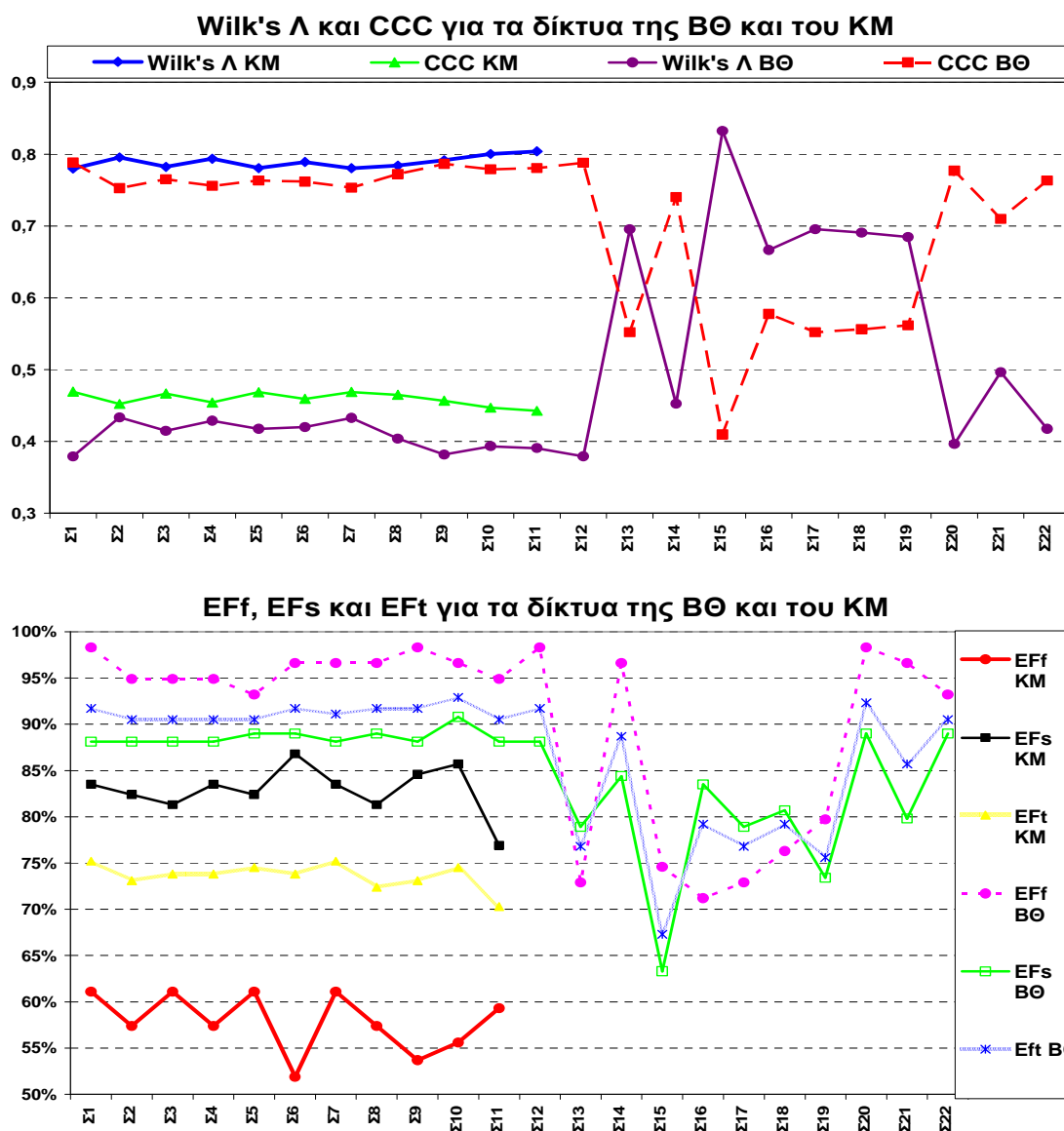
Σεν.	Σημαντική μεταβλητή	Λιγότερο σημαντική μεταβλητή	Ευσταθής μεταβλητή	Κανονικοποιημένος συντελεστής (S <sub>i</sub> )
1	Χρόνος ζωής	Προϊόν	D, DIM1, DIM2, DIM5, GR	4,022
2	Χρόνος ζωής	Προϊόν	L, D, OP, LT	3,747
3	Χρόνος ζωής	Προϊόν	L, D, OP, LT	3,820
4	Χρόνος ζωής	Προϊόν	L, D, OP, LT	3,755
5	Χρόνος ζωής	Πάχος	L, OP, LT, PR, DIM3	3,541
6	Χρόνος ζωής	Διάμετρος	L, D, OP, LT, DIM4	3,666
7	Χρόνος ζωής	Προϊόν	D, OP, LT	4,302
8	Διάμετρος	Προϊόν	L, TH, LT, PR, DIM3, DIM4	4,053
9	Χρόνος ζωής	Προϊόν	TH, OP, LT, PR, DIM3, DIM4	4,268
10	Χρόνος ζωής	Πάχος	D, TH, GR, PR, DIM1, DIM2, DIM5	4,059
11	Χρόνος ζωής	Πάχος	L, OP, LT, DIM3	4,056
12	Χρόνος ζωής	Προϊόν	L, TH, OP, LT, PR, DIM3, DIM4	3,642
13	DIM5	Προϊόν	NONE	2,606
14	Χρόνος ζωής	Προϊόν	L, LT	3,937
15	DIM3	DIM4	OP, PR, DIM3, DIM4	1,104
16	DIM5	Προϊόν	PR, DIM1, DIM2, DIM3	9,587
17	DIM5	Προϊόν	NONE	2,784
18	DIM5	Προϊόν	NONE	3,011
19	DIM5	Προϊόν	GR, DIM1	2,634
20	Χρόνος ζωής	Προϊόν	LT, PR, DIM3, DIM4	4,222
21	Χρόνος ζωής	Πάχος	TH, LT, DIM1, DIM2	3,494
22	Χρόνος ζωής	Προϊόν	L, OP, LT, PR, DIM3	3,569

Λαμβάνοντας υπόψη το δεύτερο μέρος των αποτελεσμάτων (πίνακας Δ-6.4, σχήμα Δ-6.1) το δίκτυο της ΒΘ πέτυχε ποσοστά σωστής ταξινόμησης για τους αγωγούς που «απέτυχαν» της τάξης 71,2-98,3% (EF<sub>f</sub>), 63,3-90,8% για τους αγωγούς που «επέζησαν» (EF<sub>s</sub>) και 67,3-92,9% συνολικά (EF<sub>t</sub>). Η πλειοψηφία των αγωγών που πραγματικά θα αποτύχουν ταξινομήθηκαν σαν «αποτυχιές», ενώ ένα μικρό ποσοστό των αγωγών που πραγματικά θα επιζήσουν ταξινομήθηκαν σαν «επιζώντες».

Όσον αφορά τον διαχωρισμό που πραγματοποιήθηκε, για την ΒΘ οι τιμές του Λ κυμάνθηκαν μεταξύ του 0,379 και του 0,832 δείχνοντας ότι ο διαχωρισμός που επιτυγχάνεται είναι πολύ καλός για τα περισσότερα σενάρια (όσο πιο κοντά στο 0 η τιμή του Λ τόσο καλύτερος ο διαχωρισμός). Τα ποσοστά του πληθυσμού που ταξινομήθηκε σωστά και το R (CCC) συμφωνούν με το Λ του Wilk και κυμαίνεται από 0,41 έως 0,79.

**Πίνακας Δ-6.4.** Αποτελέσματα για την ΒΘ (μέρος II)

Σεν.	EF <sub>f</sub>	EF <sub>s</sub>	EF <sub>t</sub>	Wilk's Λ	R	Σεν.	EF <sub>f</sub>	EF <sub>s</sub>	EF <sub>t</sub>	Wilk's Λ	R
1	98,3%	88,1%	91,7%	0,37892	0,788	12	98,3%	88,1%	91,7%	0,37926	0,788
2	94,9%	88,1%	90,5%	0,43338	0,753	13	72,9%	78,9%	76,8%	0,69548	0,552
3	94,9%	88,1%	90,5%	0,41482	0,765	14	96,6%	84,4%	88,7%	0,45230	0,740
4	94,9%	88,1%	90,5%	0,42883	0,756	15	74,6%	63,3%	67,3%	0,83218	0,410
5	93,2%	89,0%	90,5%	0,41758	0,763	16	71,2%	83,5%	79,2%	0,66652	0,577
6	97,0%	89,0%	91,7%	0,41990	0,762	17	72,9%	78,9%	76,8%	0,69548	0,552
7	96,6%	88,1%	91,1%	0,43264	0,753	18	76,3%	80,7%	79,2%	0,69078	0,556
8	96,6%	89,0%	91,7%	0,40400	0,772	19	79,7%	73,4%	75,6%	0,68454	0,562
9	98,0%	88,1%	91,7%	0,38158	0,786	20	98,3%	89,0%	92,3%	0,39664	0,777
10	96,6%	90,8%	92,9%	0,39334	0,779	21	96,6%	79,8%	85,7%	0,49634	0,710
11	94,9%	88,1%	90,5%	0,39079	0,781	22	93,2%	89,0%	90,5%	0,41761	0,763



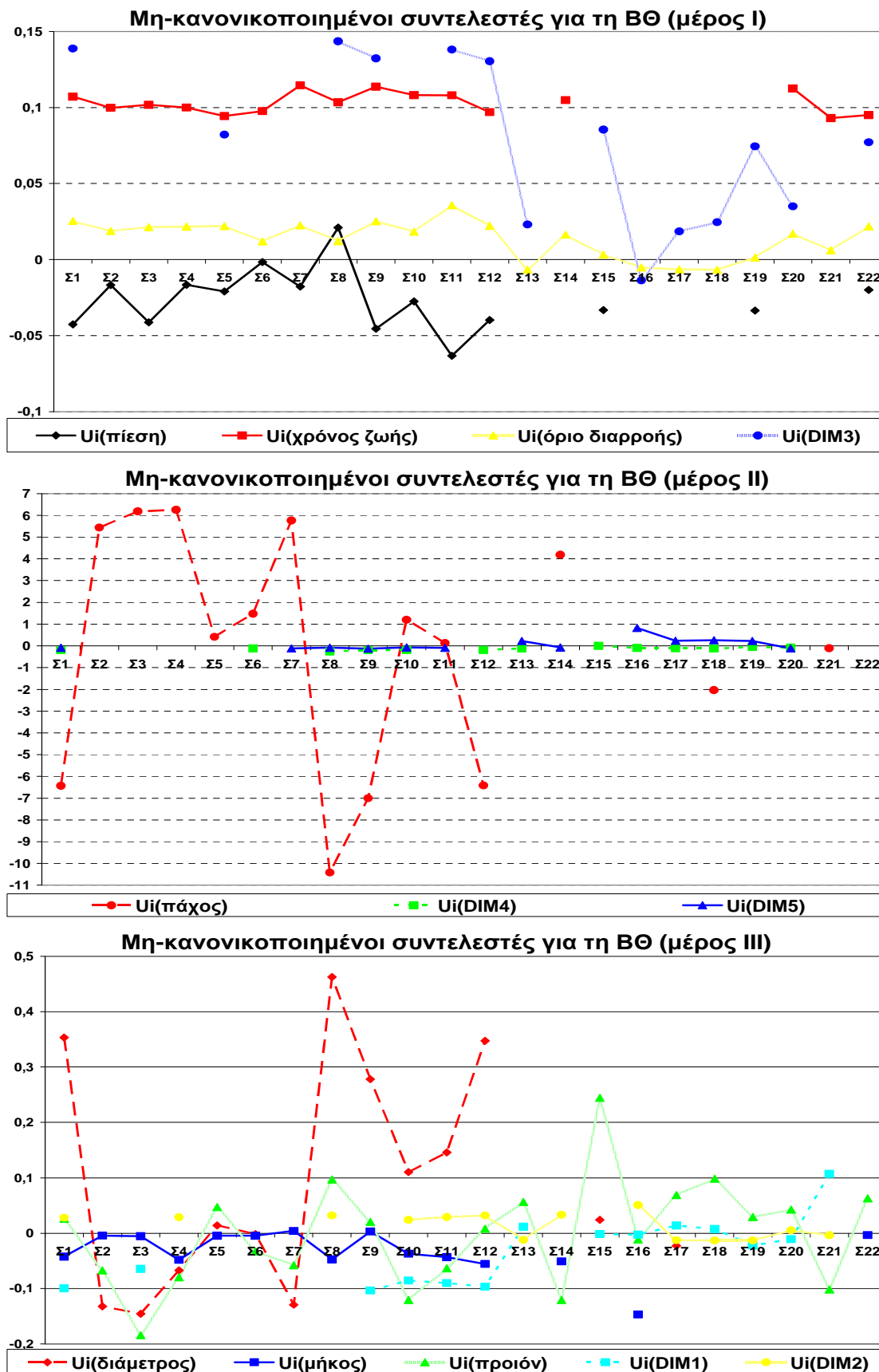
**Σχήμα Δ-6.1.** (α) Το  $\Lambda$  του Wilk και το CCC (R) και (β) τα ποσοστά σωστής ταξινόμησης για τους αγωγούς που απέτυχαν, επέζησαν και συνολικά και για τα δίκτυα της ΒΘ και του ΚΜ

Για το δίκτυο της ΒΘ, το σενάριο νο.1 (που περιλαμβάνει όλες τις μεταβλητές) είναι το καλύτερο όσον αφορά το  $\Lambda$  του Wilk, το CCC και το  $EF_f$ . Το καλύτερο ποσοστό σωστής ταξινόμησης για τις αποτυχίες λαμβάνεται επίσης από τα σενάρια νο. 12 και 20, ενώ το καλύτερο σενάριο όσο αφορά το  $EF_f$  είναι το σενάριο νο. 10. Το χειρότερο σενάριο όσο αφορά το  $\Lambda$  του Wilk, το CCC και το  $EF_f$  είναι το σενάριο νο.15. Όσον αφορά το  $EF_f$  η λίστα είναι κάπως διαφορετική, παρόλα αυτά θεωρείται περισσότερο σημαντικό να ταξινομηθούν σωστά οι αγωγοί που απέτυχαν αντί για τους αγωγούς που επέζησαν. Το να ταξινομηθεί λαθεμένα ένας αγωγός στις «αποτυχίες» ενώ πραγματικά ανήκει στους «επιζήσαντες αγωγούς» έχει λιγότερες συνέπειες οικονομικής φύσης και ασφάλειας από το ότι να συμβεί το αντίθετο, καθώς ο συγκεκριμένος αγωγός αναμενόταν να επιτύχει αλλά τελικά απέτυχε.

Οι μη-κανονικοποιημένοι συντελεστές ( $U_i$ ) είναι εκείνοι που χρησιμοποιούνται για το υπολογισμό των  $Z$  και για τις δύο ομάδες των αγωγών (πίνακας Δ-6.5, σχήμα Δ-6.2). Για το δίκτυο της ΒΘ ένας θετικός μη-κανονικοποιημένος συντελεστής ( $U_i$ ) σημαίνει ότι κάθε αύξηση στην τιμή της μεταβλητής του αντίστοιχου αγωγού αυξάνει την τιμή του  $Z$  και την πιθανότητά του να ανήκει στην ομάδα των αγωγών που «επέζησαν» (π.χ. χρόνος ζωής). Το αντίθετο συμβαίνει με τις μεταβλητές με αρνητικούς συντελεστές (π.χ. DIM4) (πίνακας Δ-6.5, σχήμα Δ-6.2).

**Πίνακας Δ-6.5.** Μη-κανονικοποιημένοι συντελεστές ( $U_i$ ) για το δίκτυο της ΒΘ

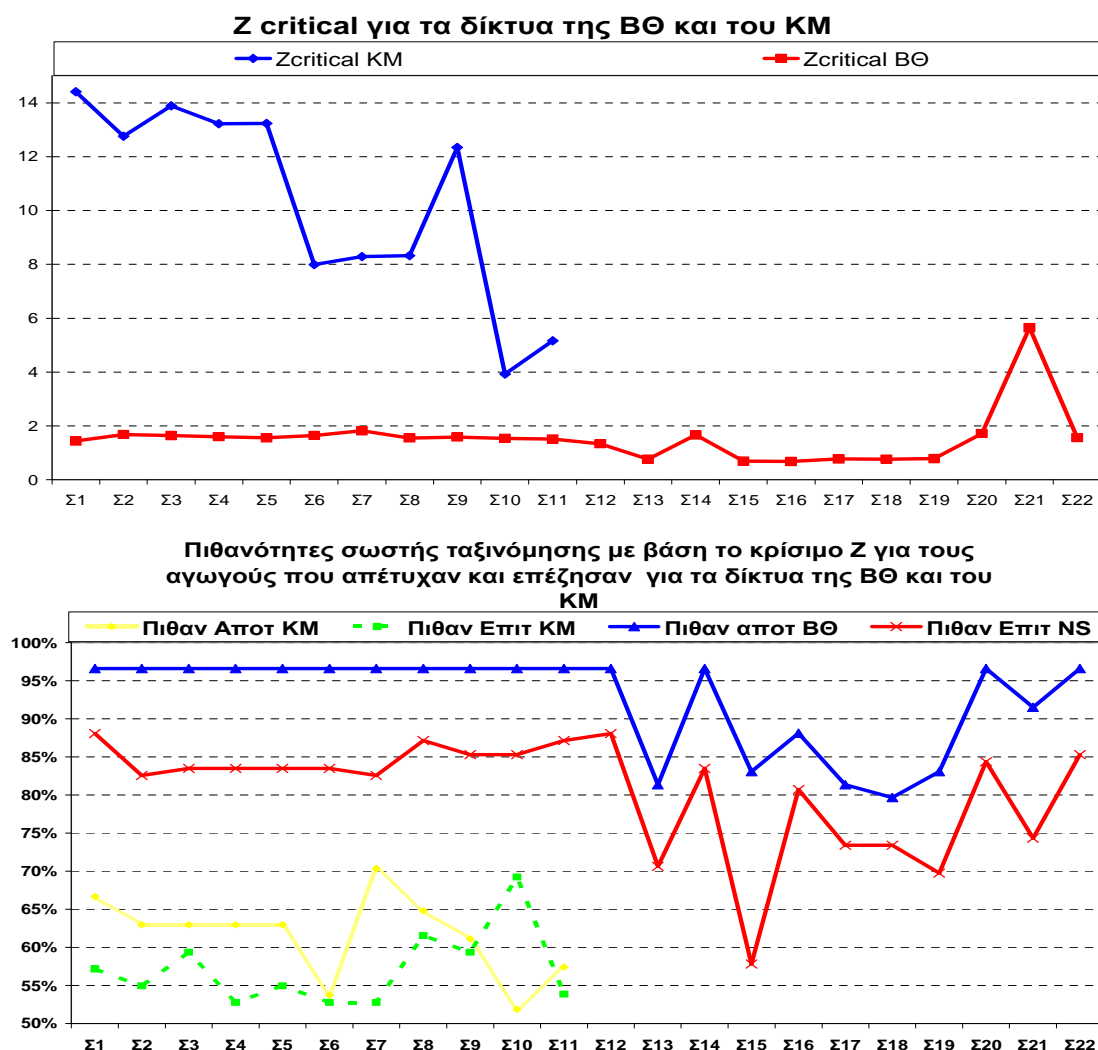
	Σεν.1	Σεν.2	Σεν.3	Σεν.4	Σεν.5	Σεν.6	Σεν.7	Σεν.8	Σεν.9	Σεν.10	Σεν.11
Uo	-10,8730	-9,2710	-4,6290	-12,4650	-13,1570	-7,0990	-11,440	-16,058	-8,165	-4,728	-14,827
Uι(μήκος)	-0,0424	-0,0042	-0,0055	-0,0482	-0,0045	-0,0045	0,0042	-0,0475	0,0029	-0,0371	-0,0432
Uι(διάμετρος)	0,3534	-0,1320	-0,1454	-0,0669	0,0140	-0,0015	-0,1291	0,4626	0,2779	0,1104	0,1459
Uι(πάχος)	-6,4320	5,4410	6,1880	6,2520	0,4180	1,4760	5,7640	-10,4200	-7,0000	1,2040	0,1330
Uι(πίεση)	-0,0426	-0,0168	-0,0413	-0,0166	-0,0210	-0,0016	-0,0177	0,0211	-0,0456	-0,0276	-0,0633
Uι(χρόνος ζωής)	0,1072	0,0998	0,1018	0,1001	0,0944	0,0977	0,1146	0,10339	0,1137	0,1081	0,1081
Uι(όριο διαρ/ής)	0,0253	0,0188	0,0214	0,0217	0,0221	0,0121	0,0225	0,0122	0,0252	0,0183	0,0357
Uι(προϊόν)	0,0257	-0,0671	-0,1840	-0,0796	0,0472	-0,0328	-0,0579	0,0971	0,0202	-0,1205	-0,0637
Uι(DIM1)	-0,0995		-0,0645						-0,1035	-0,0855	-0,0900
Uι(DIM2)	0,0280			0,0290				0,0320		0,0241	0,0291
Uι(DIM3)	0,1388				0,0822			0,1436	0,1324		0,1381
Uι(DIM4)	-0,1929					-0,1207		-0,2596	-0,1964	-0,1859	
Uι(DIM5)	-0,0865						-0,1226	-0,0879	-0,1236	-0,0735	-0,0916
	Σεν.12	Σεν.13	Σεν.14	Σεν.15	Σεν.16	Σεν.17	Σεν.18	Σεν.19	Σεν.20	Σεν.21	Σεν.22
Uo	-9,256	3,631	-12,251	-0,9780	4,1870	3,8890	4,7640	3,2120	-10,568	-5,3110	-12,646
Uι(μήκος)	-0,0554		-0,0510		-0,1467						-0,0035
Uι(διάμετρος)	0,3472			0,0241		-0,0226					
Uι(πάχος)	-6,4130		4,1870				-2,0350			-0,1110	
Uι(πίεση)	-0,0397			-0,0332				-0,0335			-0,0199
Uι(χρόνος ζωής)	0,0970		0,1049						0,1125	0,0931	0,0951
Uι(όριο διαρ/ής)	0,0222	-0,0067	0,0164	0,0033	-0,0052	-0,0065	-0,0067	0,0013	0,0170	0,0060	0,0219
Uι(προϊόν)	0,0082	0,0565	-0,1205	0,2444	-0,0113	0,0690	0,0983	0,0293	0,0425	-0,1016	0,0627
Uι(DIM1)	-0,0966	0,0116		-0,0015	-0,0026	0,0139	0,0075	-0,0221	-0,0110	0,1070	
Uι(DIM2)	0,0320	-0,0122	0,0333		0,0509	-0,0125	-0,0132	-0,0131	0,0051	-0,0036	
Uι(DIM3)	0,1305	0,0230		0,0855	-0,0137	0,0185	0,0246	0,0745	0,0350		0,0772
Uι(DIM4)	-0,1887	-0,1197		-0,0008	-0,0992	-0,1116	-0,1246	-0,0499	-0,0870		
Uι(DIM5)		0,2237	-0,0769		0,8230	0,2390	0,2585	0,2262	-0,1229		



Σχήμα Δ-6.2. Μη-κανονικοποιημένοι συντελεστές για την περίπτωση της ΒΘ

Χρησιμοποιώντας το κρίσιμο-Z (εξίσωση 2.9), οι αγωγοί του αντιπροσωπευτικού δείγματος μπορούν εκ των προτέρων να ταξινομηθούν σε αποτυχίες ή επιτυχίες, χωρίς πρότερη γνώση του αν είχαν αποτύχει στο παρελθόν. Για το δίκτυο της ΒΘ, αγωγοί με τιμές του Z μεγαλύτερες ή μικρότερες από τις αντίστοιχες τιμές του κρίσιμου Z (σχήμα Δ-7.2) αναμένεται να επιζήσουν ή να αποτύχουν αντίστοιχα. Η πιθανότητα σωστής ταξινόμησης σύμφωνα με το κριτήριο του κρίσιμου Z κυμαίνεται μεταξύ 79,6-96,6% για την ομάδα των αποτυχιών και μεταξύ 57,8-88,1% για την ομάδα των επιτυχιών.

Στο τέλος γίνεται ανάλυση ευαισθησίας που αφορά τα δεδομένα, για να εξεταστεί η σταθερότητα των αποτελεσμάτων, δείχνοντας ότι η σταθερότητα και η σημαντικότητα των χαρακτηριστικών και των ποσοστών σωστής ταξινόμησης που αφορά τις επιτυχίες, τις αποτυχίες και το σύνολο δεν αλλάζει.



Σχήμα Δ-6.3. (α) Οι τιμές του κρίσιμου Z και (β) οι πιθανότητες σωστής ταξινόμησης με βάση το κριτήριο του κρίσιμου Z και για το δίκτυο της ΒΘ και του ΚΜ

## Κεφάλαιο Δ-7: Εφαρμογή της Μεθόδου DAC σε Αγωγούς Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου του Κόλπου του Μεξικού

### Δ-7.1 Γενικά

Στις ακόλουθες παραγράφους, παρουσιάζεται λεπτομερειακά η ανάλυση της αξιοπιστίας των αγωγών πετρελαίου και φυσικού αερίου στον Κόλπο του Μεξικού, βάσει της μεθόδου DAC. Η πρακτική μελέτη της αξιοπιστίας, περιλαμβάνει την παρουσίαση και ανάλυση 11 σεναρίων τα οποία αποτελούνται από συνδυασμούς 7 διαφορετικών μεταβλητών, ομαδοποιημένων και μη (πίνακας Δ-5.1).

Απώτερος σκοπός της διερεύνησης αυτής, η αναζήτηση εκείνου του σεναρίου που στο σύνολό του εμφανίζει τις βέλτιστες στατιστικές παραμέτρους που μελετούμε και την μεγαλύτερη ικανότητα διαχωρισμού των δύο ομάδων, ώστε η πρόβλεψη ταξινόμησης ενός νέου αγωγού να γίνεται με την μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια.

### Δ-7.2 Σενάρια μελέτης αξιοπιστίας των αγωγών του Κόλπου του Μεξικού

Όλες οι πληροφορίες που διατίθενται για την περαιτέρω μελέτη, δομούνται σε δύο κύριες βάσεις δεδομένων, τα αρχεία απογραφής και τα αρχεία συμβάντων. Στην πρώτη κατηγορία συμπεριλαμβάνονται τα ακόλουθα στοιχεία για όλους τους αγωγούς:

**Πίνακας Δ-7.1.** Αρχεία Απογραφής και Αρχεία Γεγονότων για τον Κόλπο του Μεξικού

	Αρχεία Απογραφής	Αρχεία Γεγονότων
1	Κωδικός αριθμός μητρώου για κάθε αγωγό	Κωδικός αριθμός για τον διαχωρισμό κάθε ξεχωριστής αποτυχίας
2	Περιοχή στην οποία είναι εγκατεστημένος ο αγωγός	Κωδικός αριθμός καταλόγου συμβάντων
3	Η ευρύτερη περιοχή από όπου ξεκινά ο αγωγός	Διαδρομή του αγωγού
4	Διαδρομή που ακολουθεί ο αγωγός	Ημερομηνία εγκατάστασης αγωγού
5	Ιδιοκτήτρια εταιρεία του αγωγού	Ημερομηνία που έλαβε χώρα η αποτυχία
6	Μεταφερόμενο Προϊόν (π.χ. πετρέλαιο, φυσικό αέριο)	Κατάσταση λειτουργίας όταν συνέβη η αποτυχία (Hydrotest, εγκατάσταση ,λειτουργία κλπ.)
7	Ημερομηνία εγκατάστασης του αγωγού	Τοποθεσία που συνέβη η αποτυχία (εντός 1000 m από την πλατφόρμα, ανοικτή θάλασσα, κοντά στην ακτή)
8	Μήκος του αγωγού (km)	Βάθος του σημείου που παρουσιάστηκε η αποτυχία (m)
9	Διάμετρος του αγωγού (in)	Γεγονός της αποτυχίας
10	Πίεση λειτουργίας του αγωγού (bars)	Αίτιο της αποτυχίας
11	Πλήθος αποτυχιών του αγωγού	Μέθοδος επισκευής
12	Ημερομηνίες αποτυχιών	

Σημειώνεται ότι υπήρξαν περιπτώσεις αγωγών οι οποίοι αστόχησαν περισσότερες από μία φορές. Κάθε επιπρόσθετη αποτυχία προσμετρήθηκε στην ομάδα των αποτυχιών κανονικά. Επίσης, αγωγοί οι οποίοι αστόχησαν πριν ή κατά την διάρκεια της εγκατάστασης, θεωρούνται ως αποτυχόντες και συγκαταλέγονται στην ομάδα των αποτυχιών, με μηδενικό όμως χρόνο ζωής.

Στο δίκτυο του ΚΜ ο ετήσιος ρυθμός αποτυχιών ήταν 0,67 αποτυχίες/1000 km αγωγών. Οι αποτυχίες ακολούθησαν μία χωρική κατανομή κοντά στην πλατφόρμα. Η διάβρωση ήταν η κύρια αιτία των αποτυχιών και οι αγωγοί πετρελαίου ήταν οι πιο ευάλωτοι.

Τέλος, αναφέρεται ότι το αρχείο απογραφής περιλαμβάνει συνολικά 133 αγωγούς από τους οποίους οι 42 αστόχησαν, σημειώνοντας 54 αποτυχίες, και οι υπόλοιποι 91 δεν παρουσίασαν καμία βλάβη.

Στον πίνακα Δ-7.2 παρουσιάζονται όλα τα σενάρια για τον Κόλπο του Μεξικού και οι μεταβλητές που αντιστοιχούν σε κάθε σενάριο.

**Πίνακας Δ-7.2.** Σενάρια για τον ΚΜ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>L</b>	x	x	x	x		x	x	x	x	x	
<b>D</b>	x	x	x	x	x		x	x	x		x
<b>OP</b>	x	x	x	x	x	x		x	x	x	
<b>PR</b>	x	x	x	x	x	x	x		x		x
<b>LT</b>	x	x	x	x	x	x	x	x		x	
<b>DIM2</b>	x		x		x	x	x	x	x		x
<b>DIM5</b>	x			x	x	x	x	x	x	x	

### Δ-7.3 Αποτελέσματα και συζήτηση

Τα αποτελέσματα του πρώτου μέρους της ανάλυσης (πίνακας Δ-7.3) δείχνουν ότι:

- Η περισσότερο σημαντική μεταβλητή (αυτή που έχει την μεγαλύτερη απόλυτη τιμή του  $S_i$ ) και συνεισφέρει περισσότερο στον διαχωρισμό (σε 7 από τα 11 σενάρια) είναι η μεταβλητή DIM2 (μήκος/διάμετρος). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι τιμές του μήκους των αγωγών διαφέρουν πολύ (μεγάλη τιμή τυπικής απόκλισης (πίνακας Δ-5.2)).
- Η πίεση λειτουργίας ανεδείχθη ότι δεν είναι σημαντική (σε 8 από τα 11 σενάρια) αλλά είναι ευσταθής και έτσι δεν μπορεί να αγνοηθεί.

**Πίνακας Δ-7.3.** Αποτελέσματα για τον ΚΜ (μέρος Ι)

Σεν.	Σημαντική μεταβλητή	Λιγότερο σημαντική μεταβλητή	Ευσταθής μεταβλητή	Κανονικοποιημένος συντελεστής ( $S_i$ )
1	DIM2	Πίεση	Πίεση	-0,64634
2	Μήκος	Πίεση	Πίεση	-1,15776
3	DIM2	Πίεση	Πίεση	-0,6063
4	Μήκος	Πίεση	Πίεση	-1,09771
5	DIM2	Πίεση	Πίεση	-0,83881
6	Μήκος	Πίεση	Πίεση	-0,80196
7	DIM2	DIM5	Καμία	-0,62054
8	DIM2	Πίεση	Πίεση	-0,67791
9	DIM2	Μήκος	Πίεση	-0,75396
10	Μήκος	Πίεση	Καμία	-1,18612
11	DIM2	Προϊόν	Καμία	-0,93165



Λαμβάνοντας υπόψη το δεύτερο μέρος των αποτελεσμάτων (πίνακας Δ-7.4, σχήμα Δ-6.1) το δίκτυο του ΚΜ πέτυχε ποσοστά σωστής ταξινόμησης για τους αγωγούς που «απέτυχαν» της τάξης 51,2-61,1% ( $EF_f$ ), 76,9-86,8% για τους αγωγούς που «επέζησαν» ( $EF_s$ ) και 70,3-75,2% συνολικά ( $EF_t$ ). Η πλειοψηφία των αγωγών που πραγματικά θα επιζήσουν ταξινομήθηκαν σαν «επιζώντες». Αντίθετα μόνο μισοί από τους αγωγούς που πραγματικά θα αποτύχουν ταξινομήθηκαν σαν «αποτυχίες».

Όσον αφορά τον διαχωρισμό που πραγματοποιήθηκε, για τον ΚΜ οι τιμές του  $\Lambda$  κυμάνθηκαν μεταξύ του 0,79 και του 0,809 δείχνοντας ότι ο διαχωρισμός που επιτυγχάνεται δεν είναι ικανοποιητικός (όσο πιο κοντά στο 0 η τιμή του  $\Lambda$  τόσο καλύτερος ο διαχωρισμός), παρόλο που τα ποσοστά του πληθυσμού που ταξινομήθηκε σωστά ήταν καλά (73,7-79,9%). Το R (CCC) συμφωνεί με το  $\Lambda$  του Wilk και κυμαίνεται από 0,436 έως 0,457.

**Πίνακας Δ-7.4.** Αποτελέσματα για τον ΚΜ (μέρος II)

Σενάριο	$EF_f$	$EF_s$	$EF_t$	Wilk's $\Lambda$	R
1	61,1%	83,5%	75,2%	0,77981	0,469
2	57,4%	82,4%	73,1%	0,79556	0,452
3	61,1%	81,3%	73,8%	0,78230	0,467
4	57,4%	83,5%	73,8%	0,79360	0,454
5	61,1%	82,4%	74,5%	0,78042	0,469
6	51,9%	86,8%	73,8%	0,78893	0,459
7	61,1%	83,5%	75,2%	0,78025	0,469
8	57,4%	81,3%	72,4%	0,78390	0,465
9	53,7%	84,6%	73,1%	0,79142	0,457
10	55,6%	85,7%	74,5%	0,80021	0,447
11	59,3%	76,9%	70,3%	0,80400	0,443

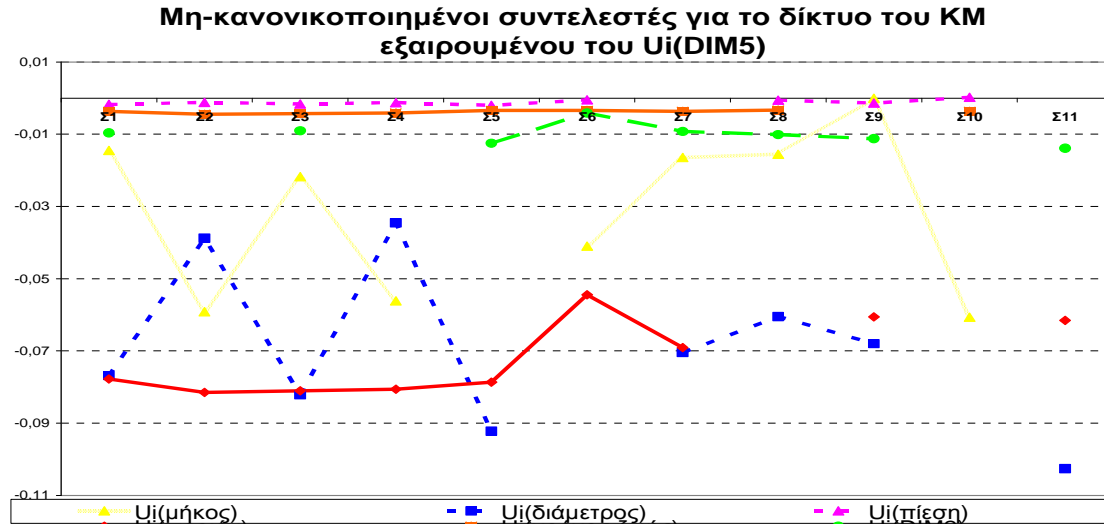
Για την περίπτωση του ΚΜ το σενάριο νο. 1 (που περιλαμβάνει όλες τις μεταβλητές) είναι το καλύτερο όσον αφορά το  $\Lambda$  του Wilk, το CCC και το  $EF_f$ , ενώ το σενάριο νο. 11 (που περιλαμβάνει τον μικρότερο αριθμό μεταβλητών) είναι το χειρότερο όσον αφορά το  $\Lambda$  του Wilk, το CCC και το  $EF_t$ . Το σενάριο νο. 6 είναι το χειρότερο όσον αφορά το  $EF_f$ .

Οι μη-κανονικοποιημένοι συντελεστές ( $U_i$ ) είναι εκείνοι που χρησιμοποιούνται για το υπολογισμό των  $Z$  και για τις δύο ομάδες των αγωγών (πίνακας Δ-7.5, σχήμα Δ-7.1). Ένας αρνητικός μη-κανονικοποιημένος συντελεστής ( $U_i$ ) σημαίνει ότι κάθε αύξηση στην τιμή της αντίστοιχης μεταβλητής του αγωγού μειώνει την τιμή του  $Z$  και την πιθανότητα αυτός να ανήκει στην ομάδα των «αποτυχιών» (π.χ. μήκος αγωγού, διάμετρος, προίον, χρόνος ζωής, DIM2 και DIM5). Στην περίπτωση των αγωγών της ΒΘ οι τιμές  $Z$  των «επιζώντων» αγωγών είναι μεγαλύτερες από αυτές των «αποτυχόντων» αγωγών, ενώ στην περίπτωση του δικτύου του ΚΜ, οι τιμές  $Z$  των «επιζώντων» αγωγών είναι μικρότερες από αυτές των «αποτυχόντων» αγωγών (σχήμα Δ-7.2).

**Πίνακας Δ-7.5.** Μη-κανονικοποιημένοι συντελεστές ( $U_i$ ) για το δίκτυο του ΚΜ

	Σεν.1	Σεν.2	Σεν.3	Σεν.4	Σεν.5	Σεν.6	Σεν.7	Σεν.8	Σεν.9	Σεν.10	Σεν.11
$U_0$	2,9670	2,6620	3,0730	2,5950	3,0920	2,1160	2,7089	2,2869	2,3450	1,7413	2,4665
$U_i$ (μήκος)	-0,0144	-0,0592	-0,0218	-0,0561		-0,0410	-0,0165	-0,0155	-0,0001	-0,0606	
$U_i$ (διάμετρος)	-0,0769	-0,0388	-0,0822	-0,0346	-0,0922		-0,0705	-0,0605	-0,0680		-0,1026
$U_i$ (πίεση)	-0,0018	-0,0012	-0,0016	-0,0012	-0,0020	-0,0005		-0,0006	-0,0014	0,0002	

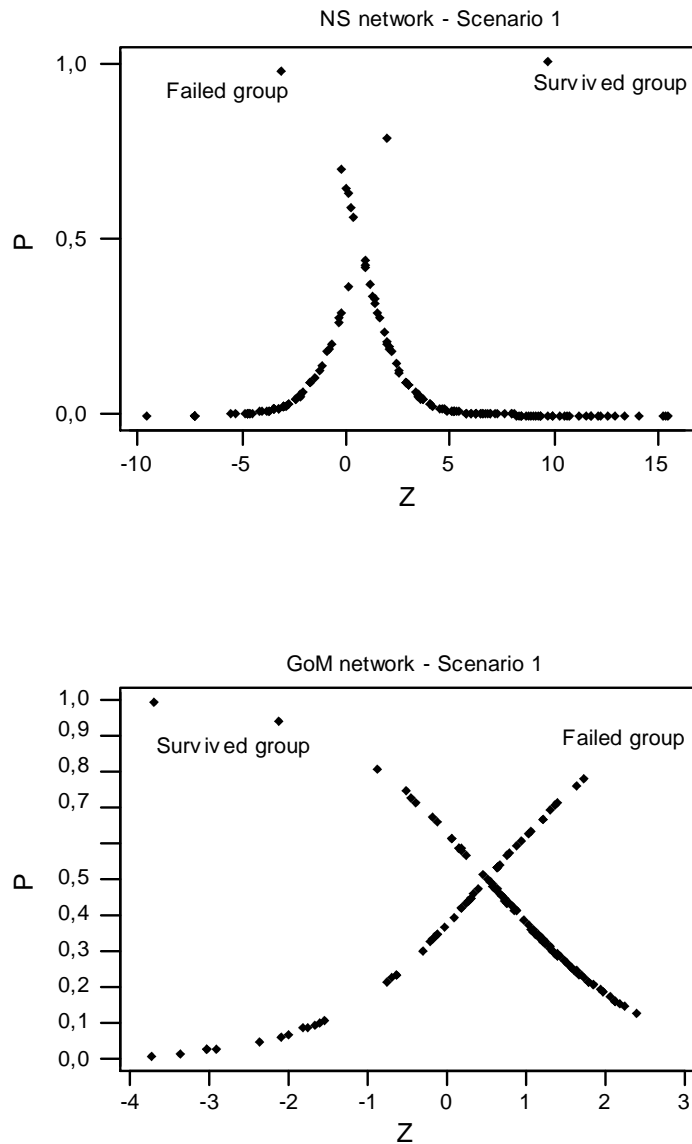
U <sub>i</sub> (προϊόν)	-0,0778	-0,0815	-0,081	-0,0806	-0,0787	-0,0544	-0,0690		-0,0605		-0,0616
U <sub>i</sub> (χρόνος ζωής)	-0,0037	-0,0045	-0,0043	0,00416	-0,0034	-0,0034	-0,0036	-0,0033		-0,0037	
U <sub>i</sub> (DIM2)	-0,0096		-0,0090		-0,0125	-0,0041	-0,0092	-0,0101	-0,0112		-0,0139
U <sub>i</sub> (DIM5)	-0,0666			-0,0387	-0,0850	-0,1030	-0,0621	-0,0767	-0,1856	-0,0605	



**Σχήμα Δ-7.1.** Μη-κανονικοποιημένοι συντελεστές (U<sub>i</sub>) για τον ΚΜ

Χρησιμοποιώντας το κρίσιμο-Z (εξίσωση 2.9), οι αγωγοί του αντιπροσωπευτικού δείγματος μπορούν εκ των προτέρων να ταξινομηθούν σε αποτυχίες ή επιτυχίες, χωρίς πρότερη γνώση του αν είχαν αποτύχει στο παρελθόν. Για το δίκτυο του ΚΜ, αγωγοί με τιμές του Z μεγαλύτερες ή μικρότερες από τις αντίστοιχες τιμές του κρίσιμου Z (σχήμα Δ-7.2) αναμένεται να αποτύχουν ή να επιζήσουν αντίστοιχα. Η πιθανότητα σωστής ταξινόμησης σύμφωνα με το κριτήριο του κρίσιμου Z κυμαίνεται μεταξύ 51,9-70,4% για την ομάδα των αποτυχιών και μεταξύ 52,7-69,2% για την ομάδα των επιτυχιών (σχήμα Δ-6.3).

Στο τέλος γίνεται ανάλυση ευαισθησίας που αφορά τα δεδομένα, για να εξεταστεί η σταθερότητα των αποτελεσμάτων, δείχνοντας ότι η σταθερότητα και η σημαντικότητα των χαρακτηριστικών και των ποσοστών σωστής ταξινόμησης που αφορά τις επιτυχίες, τις αποτυχίες και το σύνολο δεν αλλάζει.



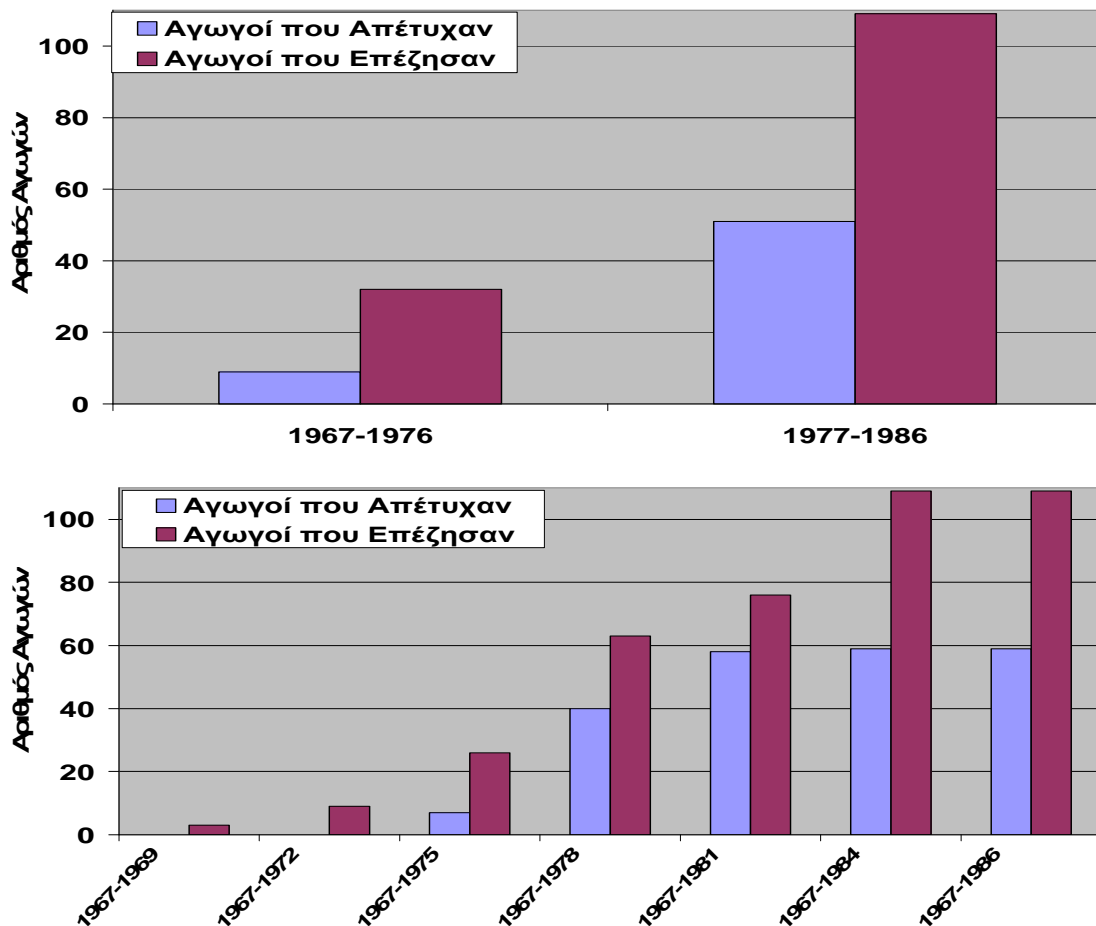
Σχήμα Δ-7.2. Οι τιμές του Z για το σενάριο 1 για το δίκτυο (α) της ΒΘ και (β) του ΚΜ

## Κεφάλαιο Δ-8: Πρόβλεψη αξιοπιστίας αγωγών με την μέθοδο DAC χρησιμοποιώντας το χρονικό βήμα

Μετά την επιτυχή εφαρμογή της μεθόδου DAC για την πρόβλεψη της αξιοπιστίας των αγωγών χρησιμοποιήθηκε το χρονικό βήμα για την επιβεβαίωση της πρόβλεψης. Ο χρόνος μελέτης χωρίστηκε σε μικρότερες χρονικές περιόδους για να ελεγχθεί εάν οι αγωγοί που απέτυχαν στην (στις) επόμενη(ες) χρονική(ες) περίοδο(ους) είχαν προβλεφθεί να αποτύχουν. Η εφαρμογή αυτή έγινε για το δίκτυο των αγωγών της Βορείου Θάλασσας μόνο γιατί αυτό το δίκτυο έδωσε αρκετά καλά αποτελέσματα στην μελέτη της αξιοπιστίας των αγωγών.

### Δ-8.1 Χρονικό βήμα

Για την επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων της μεθόδου DAC (validation), ο χρόνος μελέτης (221 μήνες) χωρίστηκε σε μικρότερες χρονικές περιόδους.



Σχήμα Δ-8.1. Ο αριθμός των αγωγών που απέτυχαν και επέζησαν (α) για δύο και (β) για επτά χρονικά διαστήματα

Για την εφαρμογή αυτή επιλέχθηκε το βέλτιστο σενάριο (αυτό που έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα), δηλαδή το σενάριο νο.1, το οποίο περιλαμβάνει όλες τις μεταβλητές. Δύο περιπτώσεις εξετάζονται. Η πρώτη αφορά στον διαχωρισμό των αγωγών σε δύο ομάδες: αυτούς που απέτυχαν ή όχι κατά την περίοδο 1967-1976, όπου οι αγωγοί που απέτυχαν σε αυτό το χρονικό διάστημα θεωρούνται αποτυχίες και οι υπόλοιποι επιτυχίες και αυτούς που αφορά η περίοδος 1977-1986, όπου οι αγωγοί που απέτυχαν πριν το 1977 θεωρούνται σαν αποτυχίες με χρόνο ζωής 0 μήνες (σχήμα Δ-8.1). Η δεύτερη περίπτωση αφορά χρονικά διαστήματα ξεκινώντας από το 1967 και για τρία έτη (1972) και για κάθε περίπτωση προσθέτοντας τρία χρόνια κάθε φορά φθάνοντας στο τελευταίο χρονικό διάστημα, το οποίο είναι η συνολική χρονική περίοδος μελέτης (σχήμα Δ-8.1).

## Δ-8.2 Αποτελέσματα για την περίπτωση των δύο περιόδων

Η πρώτη περίπτωση περιλαμβάνει μόνο δύο περιόδους των 10 ετών η καθεμιά. Ο διαχωρισμός και τα ποσοστά σωστής ταξινόμησης (EFF, EFs και EFt) είναι αρκετά καλά και για τις δύο περιόδους (σχήμα Δ-8.2, πίνακας Δ-8.1). Η περισσότερο σημαντική μεταβλητή για την πρώτη περίοδο είναι η ομαδοποιημένη μεταβλητή “DIM1” ενώ για την δεύτερη περίοδο είναι ο “χρόνος ζωής”, η ίδια με τον συνολικό χρόνο μελέτης. Η λιγότερο σημαντική μεταβλητή για την πρώτη περίοδο είναι η ομαδοποιημένη μεταβλητή “DIM5” ενώ για την δεύτερη περίοδο είναι το “προϊόν” (ρευστό που διαρρέει τους αγωγούς), όπως και για τον συνολικό χρόνο μελέτης. Φαίνεται ότι η δεύτερη περίοδος (1977-1986) δίνει περίπου τα ίδια αποτελέσματα με αυτά που λαμβάνονται από τον συνολικό χρόνο μελέτης (1967-1986) όπως ήταν και αναμενόμενο γιατί οι περισσότεροι από τους αγωγούς του δείγματος ανήκουν σ’ αυτή την περίοδο (σχήμα Δ-8.1).

**Πίνακας Δ-8.1.** Αποτελέσματα Διαχωριστικής Ανάλυσης για τις δύο περιόδους

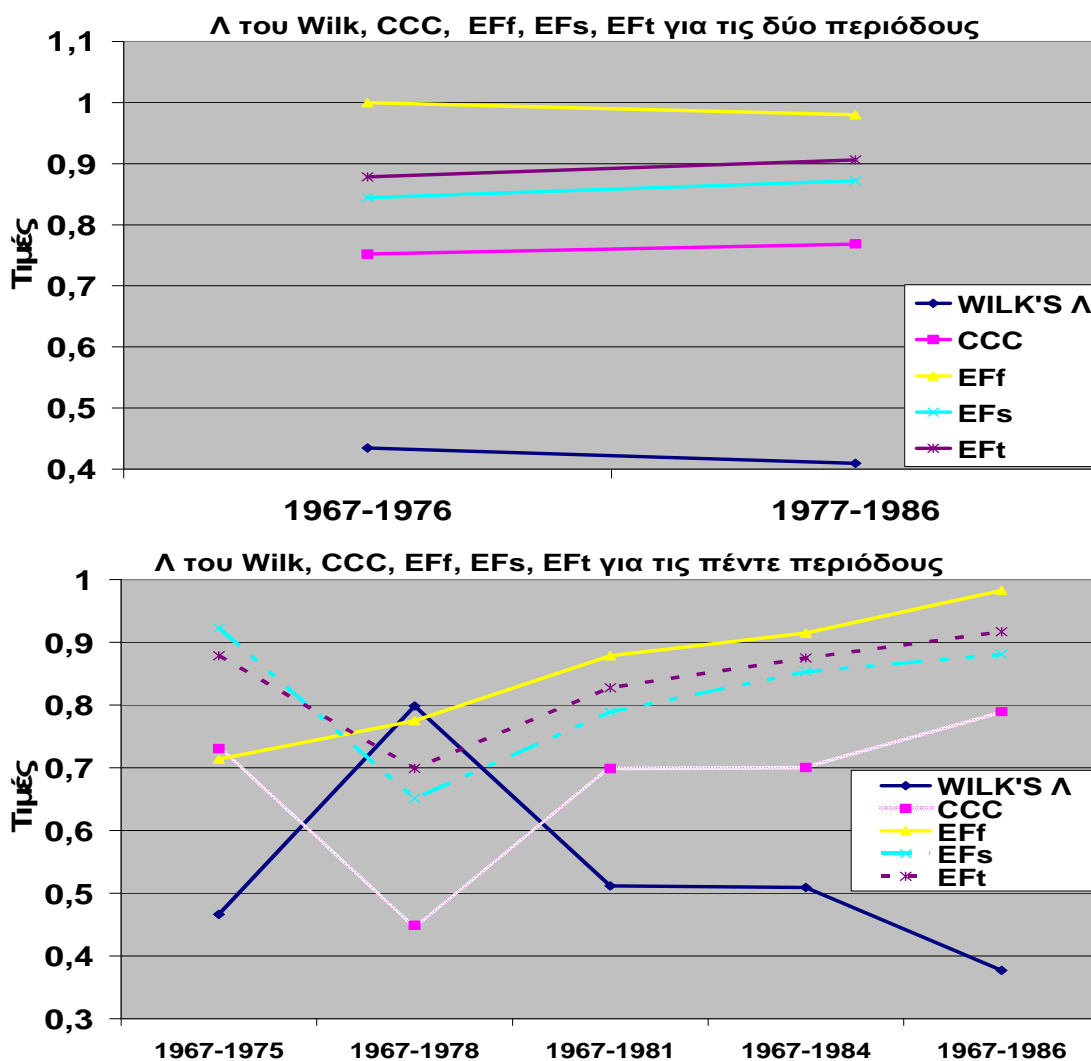
Περίοδος	Σημαντική μεταβλητή	Λιγότερο σημαντική μεταβλητή	$\Lambda$ του Wilk	CCC	EFF	EFs	EFt
1967-1976	DIM1	DIM5	0,4346	0,7519	1,00	0,844	0,878
1977-1986	Χρόνος ζωής	Προϊόν	0,4094	0,7685	0,98	0,872	0,906

Οι μη-κανονικοποιημένοι συντελεστές  $U_i$  του «χρόνου ζωής», αλλά και άλλων μεταβλητών («προϊόν» και «DIM2») έχουν θετικές τιμές. Με βάση το κρίσιμο-Z η σωστή πιθανότητα πρόβλεψης για την πρώτη περίοδο είναι 1 για την ομάδα των αποτυχιών και 0,81 για την ομάδα των επιτυχιών, ενώ για τη δεύτερη περίοδο είναι 0,96 για την περίοδο των αποτυχιών και 0,87 για την περίοδο των επιτυχιών.

Τελικά οι αγωγοί που είχαν προβλεφθεί ότι θα αποτύχουν είναι 80% για την πρώτη περίοδο και 97% για την δεύτερη. Οι μόνοι αγωγοί που δεν είχαν προβλεφθεί ότι θα αποτύχουν ενώ απέτυχαν στην πραγματικότητα ήταν οι αγωγοί 64, 72. Ο αγωγός 64 απέτυχε σε λειτουργία εξαιτίας πρόσκρουσης και ο αγωγός 72 (ενώ λειτουργούσε) εξαιτίας διάβρωσης.

### Δ-8.3 Αποτελέσματα για την περίπτωση των επτά περιόδων

Για την περίπτωση που ο χρόνος μελέτης χωρίζεται σε επτά περιόδους ξεκινώντας από το 1967 και προσθέτοντας για καθεμιά περίπτωση τρία έτη, πραγματοποιήθηκε ανάλυση σύμφωνα με την μέθοδο DAC. Για τις πρώτες δύο περιόδους (1967-1972 και 1967-1975) δεν πραγματοποιήθηκε ανάλυση διότι περιέχουν μόνο αγωγούς που επέζησαν και όχι που απέτυχαν (σχήμα Δ-8.1), με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν δύο ομάδες. Ο διαχωρισμός και τα ποσοστά σωστής ταξινόμησης ( $EF_f$ ,  $EF_s$  και  $EF_t$ ) είναι αρκετά καλά και για όλες τις περιόδους εκτός από την περίοδο 1967-1978 δείχνοντας ότι εκείνη την περίοδο υπήρξαν προβλήματα στους αγωγούς (σχήμα Δ-8.2, πίνακας Δ-8.2). Η βέλτιστη περίοδος είναι η τελευταία περίοδος, η οποία συμπίπτει με τον συνολικό χρόνο μελέτης.



Σχήμα Δ-8.2. Το  $\Lambda$  του Wilk, το CCC, και τα ποσοστά  $EF_f$ ,  $EF_s$  και  $EF_t$  (α) για δύο και (β) για πέντε χρονικές περιόδους.

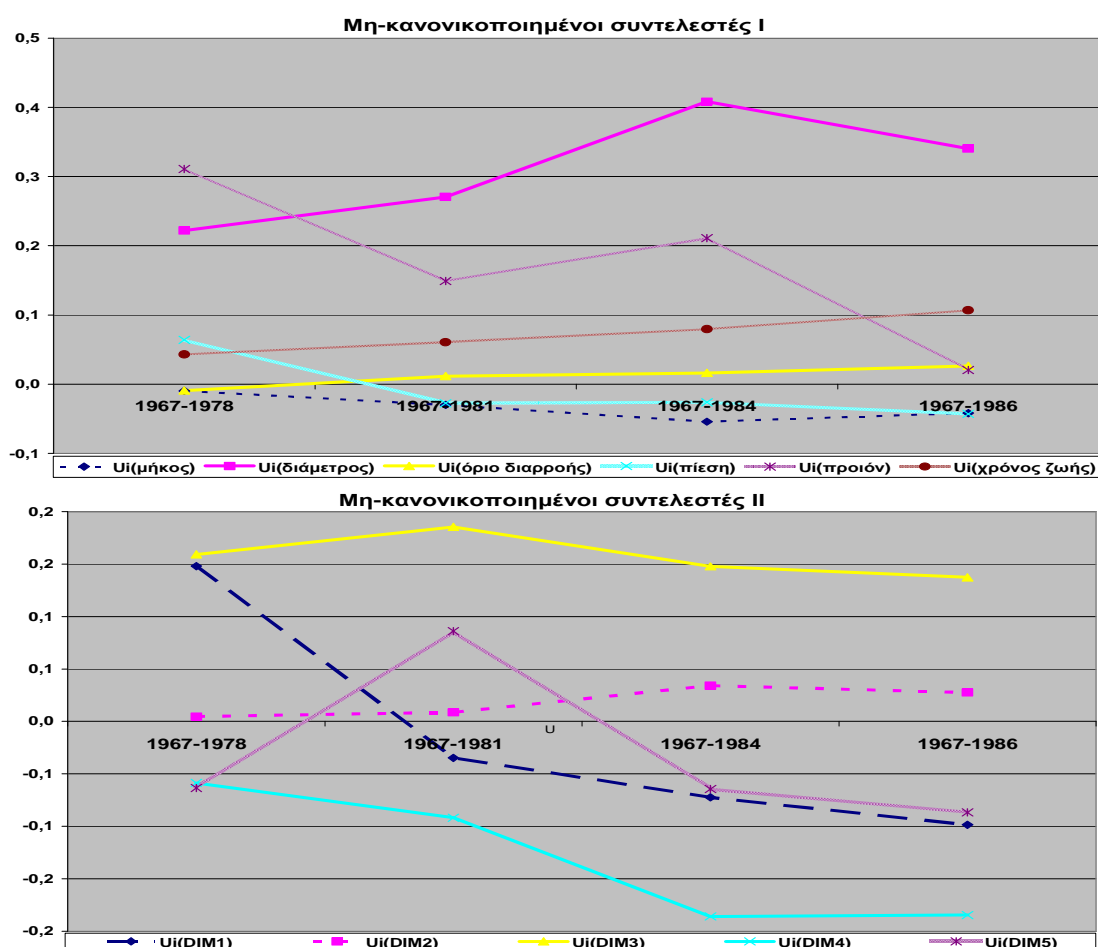
Η πιο σημαντική μεταβλητή για τις τρεις περιόδους είναι η «διάμετρος», για μία περίοδο είναι η ομαδοποιημένη μεταβλητή «DIM1» και για την τελική περίοδο είναι ο «χρόνος ζωής». Η λιγότερο σημαντική μεταβλητή για τις τελευταίες τρεις περιόδους είναι το

«προϊόν», για την πρώτη ο «χρόνος ζωής», για την δεύτερη η ομαδοποιημένη DIM5 (πίνακας Δ-8.2)

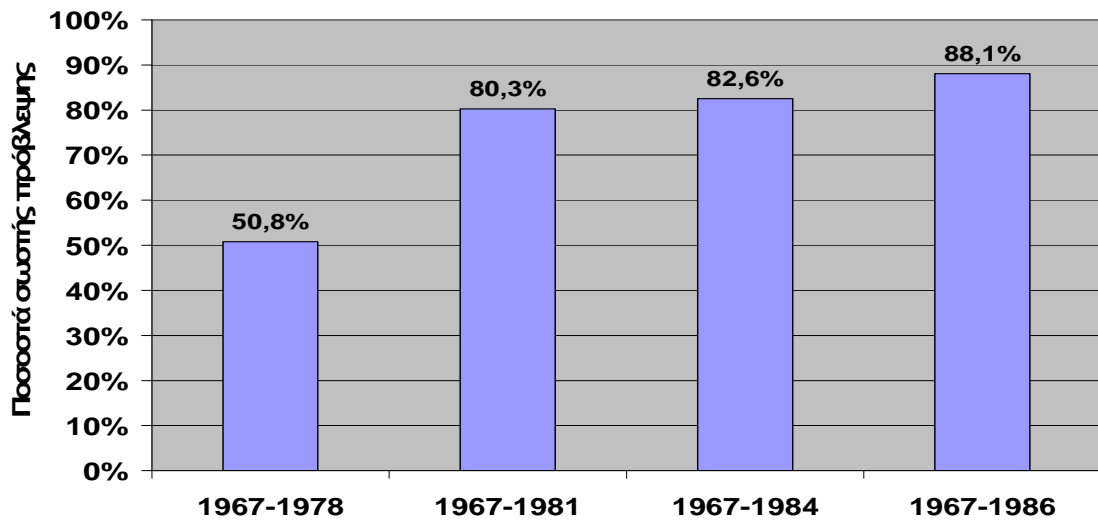
**Πίνακας Δ-8.2.** Αποτελέσματα της Διαχωριστικής Ανάλυσης για τις πέντε περιόδους

Περίοδος	Σημαντική μεταβλητή	Λιγότερο σημαντική μεταβλητή	Λ του Wilk	CCC	EFf	EFs	EFt
1967-1975	Διάμετρος	Χρόνος ζωής	0,4662	0,7306	0,714	0,923	0,879
1967-1978	DIM1	DIM5	0,7985	0,4488	0,775	0,651	0,699
1967-1981	Διάμετρος	Προϊόν	0,5117	0,6988	0,879	0,789	0,828
1967-1984	Διάμετρος	Προϊόν	0,5093	0,7005	0,915	0,853	0,875
1967-1986	Χρόνος ζωής	Προϊόν	0,3768	0,7894	0,983	0,881	0,917

Στο σχήμα Δ-8.3 φαίνονται οι μη-κανονικοποιημένοι συντελεστές για τις τέσσερις τελευταίες περιόδους. Η πρώτη από τις πέντε περιόδους εξαιρείται επειδή παρουσιάζει πολύ μεγάλες τιμές μη-κανονικοποιημένων συντελεστών. Με βάση το κρίσιμο Z η σωστή πιθανότητα πρόβλεψης κυμαίνεται μεταξύ 0,90 και 0,97 για την ομάδα των αποτυχιών (Σχήμα 8.4), με εξαίρεση την πρώτη περίοδο στην οποία είναι 1 (το δείγμα είναι πολύ μικρό). Για την ομάδα των επιτυχιών κυμαίνεται μεταξύ 0,51 και 0,92. Τελικά ελέγχθηκε εάν οι αγωγοί που προβλέφθηκε να αποτύχουν, απέτυχαν στην πραγματικότητα.



**Σχήμα Δ-8.3.** Μη-κανονικοποιημένοι συντελεστές για τις τέσσερις περιόδους



Σχήμα Δ-8.4. Ποσοστά σωστής πρόβλεψης για την περίπτωση των τεσσάρων περιόδων



## Κεφάλαιο Δ-9: Εφαρμογή της μεθόδου DAC σε δίκτυα μεταφοράς νερού

Γίνεται προσπάθεια εφαρμογής της μεθόδου DAC σε δίκτυα μεταφοράς και διανομής νερού (δίκτυα ύδρευσης). Αναλύονται οι παράγοντες που επηρεάζουν τις αποτυχίες στα δίκτυα ύδρευσης και προσδιορίζονται τα απαραίτητα δεδομένα και η μορφή των αρχείων απογραφής. Τα δίκτυα που χρησιμοποιούνται σαν μελέτες περίπτωσης είναι το δίκτυο της Λάρισας (Ελλάδα) και το δίκτυο της Λάρνακας (Κύπρος).

### Δ-9.1 Προϋποθέσεις εφαρμογής μεθόδου DAC

Για την επιτυχή εφαρμογή της μεθόδου DAC για τον υπολογισμό της αξιοπιστίας των δικτύων ύδρευσης πρέπει να ισχύουν κάποιες προϋποθέσεις όσον αφορά τα δεδομένα. Για να καθοριστούν αυτές οι προϋποθέσεις επιχειρήθηκε μία ανάλυση ΔΑΕΑ (Δυνάμεις – Αδυναμίες – Ευκαιρίες – Απειλές / SWOT).

#### Δ-9.1.1. Ανάλυση ΔΑΕΑ (SWOT) της μεθόδου DAC

Η μέθοδος DAC είναι μία πρακτική και γρήγορη μέθοδος πρόβλεψης της αξιοπιστίας των αγωγών. Αποδεικνύεται πολύ σημαντική γιατί λαμβάνοντας υπόψη έναν μεγάλο αριθμό διαφορετικών και πολύπλοκων μεταβλητών των αγωγών, μελετά τις διαφορές των δύο ομάδων (των επιτυχιών και των αποτυχιών) και παράγει ένα μοντέλο πρόβλεψης της αξιοπιστίας βασισμένο στα χαρακτηριστικά των αγωγών. Αναπτύσσεται έτσι ένα γραμμικό μοντέλο το οποίο αξιόπιστα (με μεγάλη πιθανότητα) ταξινομεί τους αγωγούς των οποίων η μελλοντική κατάσταση δεν είναι γνωστή σε «επιτυχίες» ή «αποτυχίες» απλά γνωρίζοντας τα χαρακτηριστικά τους. Τα αποτελέσματα που λαμβάνονται από την μέθοδο DAC είναι αρκετά καλά, αλλά εξαρτώνται από τα διαθέσιμα δεδομένα.

Για να είναι επιτυχημένη η εφαρμογή της μεθόδου DAC στην πρόβλεψη της αξιοπιστίας των αγωγών, χρειάζεται να υπάρχουν αρκετά και αξιόπιστα αρχεία δεδομένων αστοχιών. Τέτοιου είδους αρχεία διατηρούνται από τις εταιρείες διαχείρισης λόγω της ανταποδοτικής αξίας του πετρελαίου/αερίου. Είναι προφανές ότι είναι πολύ μεγάλη η σημασία της σωστής πρόβλεψης και κατά συνέπεια αντικατάστασης ενός αγωγού που μεταφέρει ρευστά όπως το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο. Εκτός από την οικονομική σπουδαιότητα, υπάρχει και η περιβαλλοντική ανάγκη για την πρόβλεψη των αστοχιών των αγωγών. Το αντίθετο συμβαίνει στις εταιρείες ύδρευσης οδηγώντας στην ανεπιτυχή εφαρμογή της DAC (USACE, 1980). Αυτό συνέβη και στα δίκτυα της Λάρισας και της Λάρνακας, όπου τα αρχεία αστοχιών αποδείχθηκαν φτωχά (πίνακες Δ-9.4 και Δ-9.5). Οι εταιρείες παροχής νερού (Δ.Ε.Υ.Α.) δεν διατηρούν δεδομένα που αφορούν στις αστοχίες των αγωγών και δεν έχουν καν πρόγραμμα συντήρησης των δικτύων τους. Αυτή η «συμπεριφορά» αναστρέφεται τελευταία λόγω της αναγνώρισης της σημασίας των αποθεμάτων νερού. Τα δεδομένα επίσης μπορεί να μην είναι αξιόπιστα εξαιτίας του τρόπου συλλογής τους (π.χ. λάθος περιγραφή από τους εργοδηγούς, λάθος ταξινόμηση από τον άνθρωπο που καταχωρεί τα στοιχεία κλπ).

Η μέθοδος DAC για να εφαρμοστεί χρειάζεται να υπάρχουν τουλάχιστον δύο ομάδες δεδομένων για να επιτευχθεί ο καλύτερος διαχωρισμός και να οριστεί η έννοια ‘αστοχία’. Κριτήριο μπορεί να είναι ο ρυθμός απωλειών (θραύσεις=αποτυχίες, διαρροές=επιτυχίες) ή οι συνολικές απώλειες (διαρροές=αποτυχίες, θραύσεις=επιτυχίες). Το κριτήριο των συνολικών απωλειών είναι καλύτερο αφού οι διαρροές ευθύνονται για περισσότερες απώλειες νερού με λόγο 5:1 σε σχέση με τις θραύσεις (Kanakoudis et al., 2001). Στην περίπτωση του ρυθμού των απωλειών η ανάλυση δεν καταγράφει την εξέλιξη των αστοχιών σε μεμονωμένους αγωγούς, που ξεκινούν με λίγες μη συχνές διαρροές ή/και θραύσεις και εξελίσσονται σε πολλαπλές αστοχίες, με συχνές θραύσεις. Στο σχήμα Δ-9.1 φαίνεται η ανάλυση ΔΑΕΑ (SWOT) για την μέθοδο DAC.



Σχήμα Δ-9.1. Ανάλυση ΔΑΕΑ (SWOT) για την μέθοδο DAC

### Δ-9.2 Προηγούμενη εφαρμογή της μεθόδου DAC σε δίκτυα ύδρευσης

Η μέθοδος DAC εφαρμόστηκε το 1980 σε μία μελέτη του Department of the Army Corps of Engineers για την περιοχή του Manhattan, New York (USACE, 1980). Οι αγωγοί χωρίστηκαν σε ομάδες ανά διάμετρο και μετά σε αυτούς που έσπασαν και σε αυτούς που δεν έσπασαν για κάθε ομάδα διαμέτρου. Η μέθοδος DAC εφαρμόστηκε χωριστά για κάθε διάμετρο αγωγού και οι μεταβλητές που προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διέφεραν πολύ για κάθε κατηγορία. Έτσι ήταν αδύνατο να εξαχθούν γενικά συμπεράσματα για συγκεκριμένους παράγοντες θραύσης. Τελικά η συνάρτηση Fisher με βάση τη διάμετρο του αγωγού δεν ήταν αρκετά ακριβής (USACE, 1980) και επομένως η μέθοδος DAC δεν θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά σαν εργαλείο πρόβλεψης.

Τα συνήθη αρχεία δεν βοηθούν στην πρόβλεψη αστοχιών βάσει της ιστορικής απόδοσης του αγωγού. Δεν μπορούν να γίνουν χρήσιμες ποσοτικές περιγραφές που αφορούν στην γήρανση των αγωγών και η δυνατότητα πρόβλεψης αστοχίας από τα παράγωγα μοντέλα είναι περιορισμένη για μεγάλες περιόδους.

### Δ-9.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τους ρυθμούς αποτυχιών των αγωγών ύδρευσης

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το ρυθμό αποτυχιών των αγωγών μπορεί να είναι είτε στατικοί ή να εξαρτώνται από τον χρόνο. Η διάμετρος που αγωγού ή το υλικό του αγωγού είναι παραδείγματα στατικών παραγόντων. Η ηλικία των αγωγών, η θερμοκρασία, η θερμοκρασία του εδάφους και οι παρατηρηθείσες αποτυχίες των αγωγών είναι παραδείγματα τυχαίων χρονικά εξαρτημένων παραγόντων που μπορεί να επηρεάζουν το ρυθμό αποτυχιών των αγωγών που βρίσκονται κάτω από το έδαφος. Στον πίνακα Δ-9.1 συνοψίζονται οι παράγοντες ανά κατηγορία που επηρεάζουν τους ρυθμούς αποτυχιών των αγωγών.

**Πίνακας Δ-9.1.** Παράγοντες που επηρεάζουν τους ρυθμούς αποτυχιών των αγωγών (Πηγή: US Environmental Protection Agency, 2006)

Κατηγορία Παραγόντων που επηρεάζουν το ρυθμό αποτυχίας των αγωγών	Παράγοντες
Παράγοντες διατομής αγωγού (Pipe section factors)	Υλικό αγωγού Διάμετρος αγωγού Joint type Ηλικία αγωγού Βάθος τοποθέτησης αγωγού κάτω από την επιφάνεια του εδάφους Κατάσταση αγωγού (πάχος τοιχώματος, ελαττώματα κλπ)
Λειτουργικοί παράγοντες και παράγοντες επιδιόρθωσης	Πίεση λειτουργίας Φύση και ημερομηνία τελευταίας αποτυχίας (π.χ. τύπος, αιτία, σοβαρότητα) Φύση των λειτουργιών επισκευής (π.χ. καθαρισμός αγωγού, καθοδική προστασία κλπ) Φύση και ημερομηνία τελευταίας επισκευής (π.χ. τύπος, μήκος) Ποιότητα νερού Μέθοδος κατασκευής
Περιβαλλοντικοί και κλιματικοί παράγοντες	Τύπος εδάφους Θερμοκρασία εδάφους ή βάθος πάγου Υψος βροχόπτωσης Περιεχόμενο υγρασίας εδάφους Θερμοκρασία Κυκλοφορία και φόρτιση

Στον πίνακα Δ-9.2 αναφέρεται το παράδειγμα 5 εταιρειών παροχής νερού στην Σουηδία και καταγράφονται τα δεδομένα που συλλέγει κάθε εταιρεία.

**Πίνακας Δ-9.2.** Τύπος δεδομένων που συλλέγονται από τις Σουηδικές εταιρείες παροχής νερού (Πηγή: US Environmental Protection Agency 2006)

Περιγραφή των συλλεγομένων δεδομένων	Malmö	Brebro	Eskilstuna	Vasteras	Lulca
Τύπος διαρροής / αποτυχίας	1	1	1	1	1
Ημερομηνία διαρροής / αποτυχίας	1	1	1	1	1

Αριθμός ID κόμβου αγωγού	1	1	1	1	1
Διάμετρος αγωγού	1	1	1	1	1
Ημερομηνία εγκατάστασης αγωγού	1	1	1	1	
Αιτία διαρροής / αποτυχίας	1		1	1	1
Περιγραφή διορθωτικής ενέργειας		1	1	1	
Κόστος διορθωτικής ενέργειας		1	1	1	
Μήκος τμημάτων αγωγών	1	1	1		
Ημερομηνία τελευταίας επιδιόρθωσης	1	1	1		
Όνομα οδού	1		1	1	1
Υλικό αγωγού	1	1		1	1
Κατάσταση αγωγού				1	
Πληροφορίες εδάφους		1			
Τύπος πλήρωσης		1			
Πληροφορίες κυκλοφορίας		1			
Βάθος αγωγών		1			
Τύπος άρθρωσης		1			
Πίεση νερού					

#### Δ-9.3.1. Επίδραση της ηλικίας των αγωγών στην επιδείνωση της κατάστασης των αγωγών

Είναι σε γενικές γραμμές αποδεκτό ότι όσο «γερνούν» οι αγωγοί τόσο περισσότερη συντήρηση και επισκευές χρειάζονται. Γι' αυτό πολλά μοντέλα αποκατάστασης αγωγών έχουν βασιστεί αποκλειστικά στην ηλικία των αγωγών. Έχει αποδειχθεί (US Environmental Protection Agency 2006) ότι η ηλικία των αγωγών είναι σημαντική αλλά δεν είναι ο μόνος δείκτης για τους ρυθμούς βλαβών των αγωγών. Άλλοι παράγοντες όπως η παρούσα κατάσταση, η διάμετρος και η τοποθεσία συνεισφέρουν στην σημαντικότητα της ηλικίας των αγωγών. Σε μία μελέτη που έγινε σε πέντε Σουηδικές εταιρείες παροχής νερού για πέντε χρόνια (US Environmental Protection Agency 2006) αποδείχθηκε ότι ο αριθμός των διαρροών των αγωγών αυξανόταν μέχρι οι αγωγοί να γίνουν 30 ετών. Μετά από αυτό και μέχρι οι αγωγοί να γίνουν περίπου 80 ετών δεν υπήρχε σημαντική συσχέτιση μεταξύ της συχνότητας των διαρροών και της ηλικίας των αγωγών.

#### Δ-9.3.2. Επίδραση του υλικού των αγωγών στους ρυθμούς αποτυχιών τους

Από μελέτες που έχουν γίνει τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Αμερική έχει δειχθεί ότι οι ρυθμοί διαρροών και θραύσεων διαφέρουν για αγωγούς διαφορετικών υλικών (US Environmental Protection Agency 2006). Στην περιοχή Reggio Emilia της Ιταλίας στην οποία έλαβε χώρα μελέτη σχετικά με την επίδραση του υλικού των αγωγών στους ρυθμούς αποτυχιών τους, βρέθηκε ότι ο ρυθμός αποτυχιών είναι μεγαλύτερος για αγωγούς από χυτοσίδηρο και από αμιαντοτσιμέντο (US Environmental Protection Agency 2006). Σε αυτή την περίπτωση η μέση ηλικία των αγωγών δεν λήφθηκε υπόψη. Στο Bordeaux της Γαλλίας, οι αγωγοί από χυτοσίδηρο αποτυγχάνουν περισσότερο από αυτούς από όλκιμο σίδηρο (ductile iron) (US Environmental Protection Agency 2006). Στην Νορβηγία επίσης οι αγωγοί από αμιαντοτσιμέντο και μη προστατευμένο όλκιμο σίδηρο είναι περισσότερο εκτεθειμένοι από αυτούς από χυτοσίδηρο (US Environmental Protection Agency 2006) (πίνακας Δ-9.3).

**Πίνακας Δ-9.3.** Σχετικοί ρυθμοί αποτυχιών για διαφορετικά υλικά αγωγών που χρησιμοποιούνται σε συστήματα διανομής νερού (Πηγή: Eisenbeis, et al., 2000)

	Reggio Emilia			Failnet	NTNU/SINTEF		
	1994	1995	1996	Bordeaux	Trondheim 1988-1996	Oslo 1976- 1998	Bergen 1978-1999
PE	0,01	0,11	0,25		0,06	0,22	0,06
PVC	0,21	0,25	0,30		0,01	0,33	0,12
Αμιαντοτσιμέντο	0,34	0,64	0,68		1,92		1,44
Χάλυβας	0,08	0,11	0,15				
Χυτοσίδηρος	1	1	1	1	1	1	1
Όλκιμος σίδηρος (χωρίς διαβρωτική προστασία)				0,81	1,75		
Όλκιμος σίδηρος (με διαβρωτική προστασία)					0,22		0,12

(Όταν αναφέρεται ο σχετικός ρυθμός αποτυχιών ισούται με το ρυθμό αποτυχίας για το υλικό που αφορά / ρυθμό αποτυχίας για χυτοσίδηρο για τις περιπτώσεις της Reggio Emilia και NTNU/SINTEF, ενώ για το Bordeaux ισούται με το ρυθμό αποτυχίας για τον όλκιμο σίδηρο / ρυθμό αποτυχίας για χυτοσίδηρο χρησιμοποιώντας το μοντέλο Failnet για τον υπολογισμό των ρυθμών αποτυχιών. Εάν η τιμή του είναι πάνω από 1, το υλικό θα αποτύχει περισσότερο από τον χυτοσίδηρο.)

#### Δ-9.3.3. Επίδραση της διαμέτρου των αγωγών στους ρυθμούς αποτυχιών τους

Ευρωπαίοι ερευνητές έχουν βρει ότι η διάμετρος των αγωγών επηρεάζει σημαντικά τους ρυθμούς αποτυχιών των αγωγών (US Environmental Protection Agency 2006). Συγκεκριμένα, οι ρυθμοί αποτυχιών των αγωγών για ένα συγκεκριμένο υλικό αυξάνονται καθώς η διάμετρος του αγωγού μειώνεται. Από μελέτες που έχουν γίνει έχει βρεθεί ότι ο σχετικός ρυθμός αποτυχιών διαφέρει από περίπτωση σε περίπτωση αλλά η τάση παραμένει. Από άλλες μελέτες επίσης προέκυψε αυτό το συμπέρασμα ότι οι ρυθμοί αποτυχιών είναι μεγαλύτεροι για αγωγούς μικρότερης διαμέτρου. Μία μελέτη στο Malmo της Σουηδίας έδειξε επίσης ότι η συχνότητα των διαρροών ανά χιλιόμετρο αγωγού μειώθηκε όσο αυξανόταν η διάμετρος του (Sundahl, 1996).

#### Δ-9.3.4. Επίδραση της κατάστασης του εδάφους στους ρυθμούς αποτυχιών των αγωγών

Ευρωπαίοι ερευνητές (US Environmental Protection Agency 2006) έχουν βρει ότι όπως η διάμετρος έτσι και οι συνθήκες του περιβάλλοντος εδάφους επηρεάζουν σημαντικά τους ρυθμούς αποτυχιών των αγωγών. Γενικά ισχύει ότι τα προσχωσιγενή εδάφη (alluvial soils) έχουν σαν αποτέλεσμα αυξημένους ρυθμούς βλαβών. Βεβαίως υπάρχουν και κάποιοι παράγοντες που επηρεάζουν τους ρυθμούς βλαβών και παρουσιάζονται περιπτώσεις στις οποίες ισχύουν τα αντίθετα αποτελέσματα. Ο ορισμός της ποιότητας του εδάφους είναι επίσης διαφορετικός σε διαφορετικές περιοχές, π.χ. πολύ επιθετικό έδαφος, μεσαία επιθετικό και καθόλου επιθετικό. Υπάρχουν και περιπτώσεις με σεισμογενή εδάφη. Σε άλλες περιπτώσεις λήφθηκε υπόψη η διαβρωτικότητα του εδάφους.

#### Δ-9.3.5. Επίδραση των συνθηκών κυκλοφορίας και φορτίων στους ρυθμούς αποτυχιών των αγωγών

Από μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Ευρώπη (US Environmental Protection Agency 2006) έχει δειχθεί ότι η φόρτιση λόγω κυκλοφορίας είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τους ρυθμούς αποτυχιών. Έχει αποδειχθεί ότι οι ρυθμοί

αποτυχιών αυξάνουν με την φόρτιση λόγω κυκλοφορίας σε τρία συστήματα που μελετήθηκαν στην Γαλλία (Eisenbeis et al., 2000). Λήφθηκαν υπόψη έξι συστήματα κυκλοφορίας, ονομαστικά: ελαφριά κίνηση (<25 φορτηγά/ημέρα), βαριά κίνηση (25-300 φορτηγά/ημέρα), δευτερεύον δρόμος, πολύ βαριά κίνηση (>300 φορτηγά/ημέρα), κύριος (εθνικός) δρόμος, κάτω από πεζοδρόμιο.

#### **Δ-9.3.6. Επίδραση της αρχικής κατάστασης των αγωγών και προηγούμενων αποτυχιών στους ρυθμούς αποτυχιών**

Έρευνα στις ΗΠΑ έδειξε ότι γενικά κάθε φορά που επιδιορθώνεται μία βλάβη σε έναν αγωγό, ο χρόνος μέχρι την επόμενη βλάβη μειώνεται (Clark et al., 1989). Παρόλο που και στην Ευρώπη αυτό το θέμα είναι υπό συζήτηση δεν είναι εύκολο να βρεθούν δεδομένα που να το υποστηρίζουν.

#### **Δ-9.4 Συλλογή απαραίτητων δεδομένων - Αρχεία απογραφής αστοχιών αγωγών ύδρευσης**

Οι περισσότεροι ερευνητές και οι μηχανικοί των εταιρειών παροχής νερού συμφωνούν ότι η συλλογή δεδομένων είναι ακριβή. Επειδή τα κόστη συλλογής δεδομένων είναι τόσο υψηλά, οι εταιρείες ύδρευσης θα πρέπει να αποφεύγουν την συλλογή δεδομένων που δεν είναι χρήσιμα και τα οποία σπάνια αν όχι ποτέ δεν θα χρησιμοποιηθούν.

Για να είναι δυνατή η επεξεργασία των δεδομένων των αστοχιών από τα ιστορικά αρχεία απογραφής αυτά θα πρέπει να καταγράφονται με λεπτομέρεια, να ενημερώνονται και να επεξεργάζονται κατάλληλα. Για τη επιτυχή εφαρμογή της μεθόδου τα δεδομένα των αγωγών πρέπει να είναι καταγεγραμμένα ανά κωδικό αριθμό αγωγού και να μπορούν να είναι ορατά σε ένα σχέδιο του δικτύου. Το γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών (GIS) θα πρέπει να μπορεί να ενημερώνεται τόσο με το δίκτυο των αγωγών όσο και με τις αστοχίες που παρατηρούνται. Θα πρέπει επίσης σταθμοί τηλεμετρίας να δίνουν τις απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με την πίεση λειτουργίας, τη ροή του νερού κ.α. σε τακτά χρονικά διαστήματα. Τα βασικά χαρακτηριστικά των αγωγών τα οποία πρέπει να διατηρούνται σε ιστορικά αρχεία φαίνονται στον πίνακα 9.1.

Όσον αφορά τα αρχεία καταγραφής των αστοχιών, τα συνεργεία επισκευής πρέπει να συμπληρώνουν ένα ειδικό έντυπο στο οποίο να παρουσιάζονται όλες οι πληροφορίες για τον εντοπισμό της αστοχίας στο δίκτυο, καθώς επίσης και λεπτομέρειες που αφορούν στην αστοχία και στην αντιμετώπισή της. Θα ήταν ωφέλιμο τα δεδομένα να αφορούν και χρόνους (χρόνος εμφάνισης της αστοχίας, απαιτούμενος χρόνος αντιμετώπισης κλπ.). Στο σχήμα Δ-9.2 φαίνεται η εντολή προς το συνεργείο που αφορά στην αντικατάσταση μιας παροχής (ΔΕΥΑ Λάρισας). Στη δεύτερη σελίδα φαίνονται τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν.

**ΕΝΤΟΛΗ ΠΡΟΣ ΤΟ ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ Ν° 12244**  
Εκδόθηκε την 25/11/2003

Όνομα: Αντικατάσταση Υδρογ. Φ12  
Διεύθυνση: ΜΠΟΤΑ Ν° 2  
Τ. Κατηγορία - Τεχνική: Τ. Κατηγορία - Τεχνική

Κωδικός Αριθ.                       
Καρτέλ. Αριθ.                       
Υδρομέτρο Παλιό

ΔΙΚΤΥΟ		ΠΑΡΟΧΗ		ΥΔΡΟΜΕΤΡΟΝ	
14	Επέκταση δικτύου	2	Να κατασκευαστεί νέα παροχή	4	Να τοποθετηθεί υδρομέτρο
15	Συντήρηση δικτύου	16	Να επισκευαστεί	5	Να αφαιρεθεί το υδρομέτρο
17	Να τοποθετηθεί ή να επισκευασθεί η βάννα	3	Να αντικατασταθεί	6	Να αντικατασταθεί το υδρ/τρο
18	Να τοποθετηθεί το Υδροσώμα	7	Να μεταφερθεί	9 10	Να τοποθετηθεί καπάκι υδρομέτρου ή γέφυ
19	Να βρεθεί το κάλυμα	8	Να υψωθεί	12	Να τοποθετηθεί κιβώτιο
21	Να αποηλωθεί η παλιά παροχή	29	Να επισκευαστεί το ρακόρ	13	Να τοποθετηθεί καπάκι κιβωτίου ή φρεατίου
		25	Να συνδεθεί η παροχή	20	Να τοποθετηθεί πάμα

Αρχαίων διαρροών. Νά βρεθεί κλάδος και να φέρεται η νεκροκλάδοι από τα νεκροφάρμα.

ΑΝΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΤΗ  
Εξουσιοδότηση ή άσκηση από το εξουσιοδοτούμενο τεχνικό κλάδοι κλάδοι από τα δίκτυα φεφ από ουσιαστικά

Εκτελέστηκε στις 15/11/2003  
Ο Τεχνίτης: Κουσιώτης  
Θεωρήθηκε:                       
Ο Υπεύθυνος:                     

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΔΡΟΜΕΤΡΟΥ			
	Τοπ/ντος υδρομ.	Αντικ/ντος υδρομ.	Αφαιρ/ντος υδρομ.
Αρ. υδρομέτρου			
Διάμετρος			
Ενδειξη υδρομέτρου			
Κωδικός Αριθμός			

ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΤΟΠΟΘΕΤΗΘΗΚΑΝ			
Κωδικός Αριθμός	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΛΙΚΟΥ	ΠΟΣΟΤ.	Τιμή κόστος
3.5516	Παλιό υδρομέτρο φ 82 x 1/2	1	
5.75	Παλιό υδροσώμα	1	
2.1225	Παλιό 1/4"	1	
3.61	Εξουσιοδοτούμενο φ 50	2	
3.60-1	Εξουσιοδοτούμενο φ 2" x 1/2"	1	
2.1237	Παλιό υδροσώμα φ 2"	1	
4.217	Παλιό υδροσώμα φ 1/2"	5	
			15

ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΕΠΙΣΤΡΑΦΗΣΑΝ	

Σχήμα Δ-9.2. Εντολή προς το συνεργείο για αποκατάσταση βλάβης (ΔΕΥΑ Λάρισας)

### Δ-9.5 Δίκτυο ύδρευσης Λάρισας

Το δίκτυο ύδρευσης της Λάρισας παρουσιάστηκε με λεπτομέρεια στο κεφάλαιο Γ-3. Το συνολικό μήκος του δικτύου της Λάρισας (έτος αναφοράς 2005) ανέρχεται σε 628.081 m. Τα στοιχεία των αστοχιών για το δίκτυο ύδρευσης της Λάρισας δίνονται στον πίνακα Δ-9.4, στον οποίο φαίνονται οι αντικαταστάσεις των αγωγών (σε m μήκους) ανά έτος και υλικό και οι επισκευές (σε τεμ.) των αγωγών ανά έτος και υλικό.

Πίνακας Δ-9.4. Αντικαταστάσεις (m μήκους) και επισκευές (τεμ.) αγωγών ανά υλικό στο δίκτυο της Λάρισας

Έτος	PE		Αμιαντοσιμμέντο		Χυτοσίδηρος		PVC		Χάλυβας	
	Επ	Αντ	Επ	Αντ	Επ	Αντ	Επ	Αντ	Επ	Αντ
1989	65	449	72	597	1	0	4	0	1	29
1990	14	455	143	547	12	24	7	240	3	124
1991	17	119	142	174	8	0	2	569	2	31
1992	28	330	127	249	6	0	16	536	0	56
1993	3	322	174	125	14	0	18	3451	7	62
1994	3	559,8	133	1	8	10,6	35	5245,7	3	52,5
1995	52	107	167	15	6	0	102	1787,5	6	68,1
1996	17	199	117	0	21	0	71	2310	4	35,5
1997	31	180	129	0	0	14	21	3003	39	2
1998	15	213	125	1	17	0	57	5116,5	26	5
1999	23	701	110	4	20	2	59	2250	11	59,5

2000	8	1269,5	89	20	20	0	55	2396,6	3	28
2001	16	1394	81	16	33	0	60	2049	5	6
2002	22	371	37	0	64	0	75	1708	4	320
2003	50	292	56	0	19	0	84	2133	11	62
2004	22	172	84	0	22	5	179	1959	4	20
2005	11	274	72	0	35	0	72	836	3	16
2006	13	158	77	0	35	0	53	769	6	10

### Δ-9.6 Δίκτυο ύδρευσης Λάρνακας

Το δίκτυο ύδρευσης της πόλης της Λάρνακας (Κύπρος) αποτελείται από αγωγούς από αμιαντοτσιμέντο, χυτοσίδηρο, UPVC, LDPE, και MDPE (σχήμα Δ-9.3). Το δίκτυο αποτελείται από αγωγούς που αποτελούν τους αγωγούς μεταφοράς νερού, τους αγωγούς του δευτερεύοντος δικτύου και τους αγωγούς των οικιακών παροχών. Τα υλικά και οι διάμετροι των αγωγών φαίνονται στο σχήμα Δ-9.3.

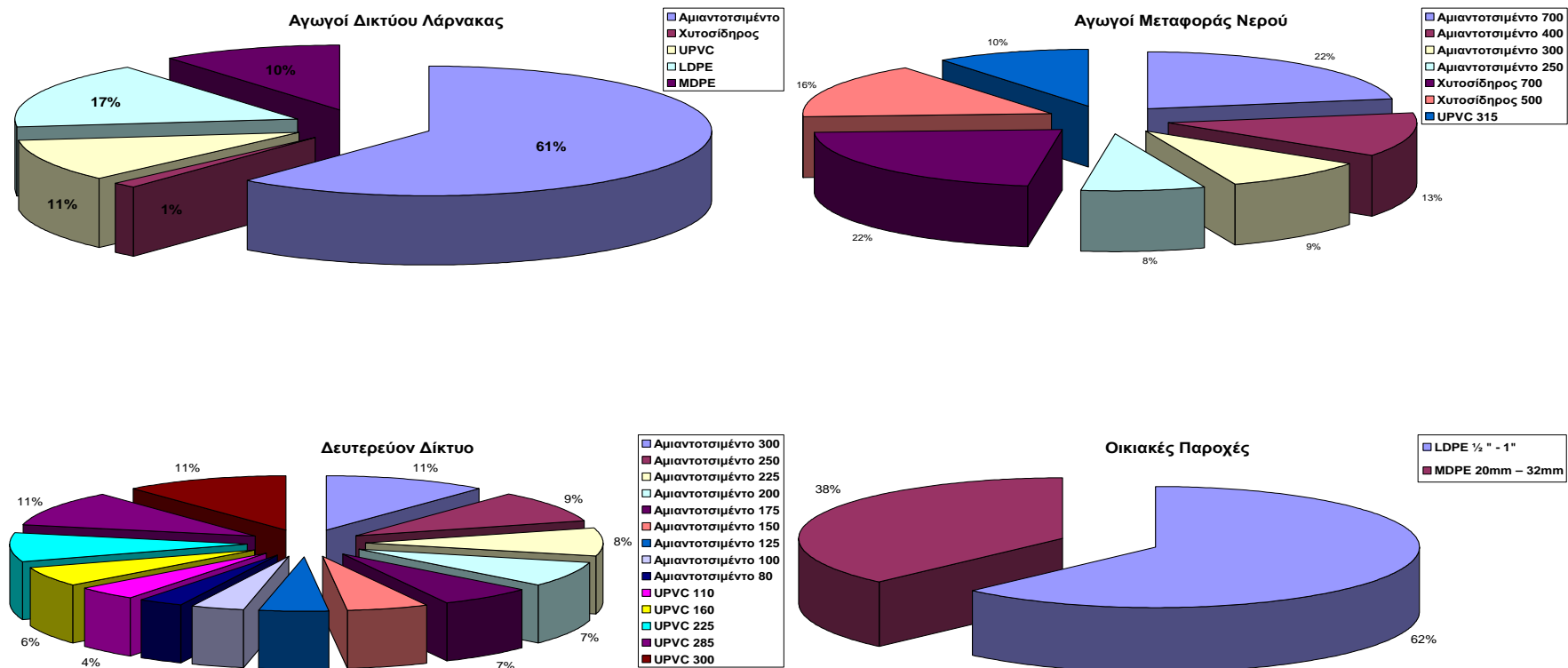
Τα δεδομένα που αφορούν τις βλάβες και δόθηκαν από το Συμβούλιο Υδατοπρομήθειας της Λάρνακας παρουσιάζονται στον πίνακα Δ-9.5.

**Πίνακας Δ-9.5.** Βλάβες του δικτύου ύδρευσης της Λάρνακας

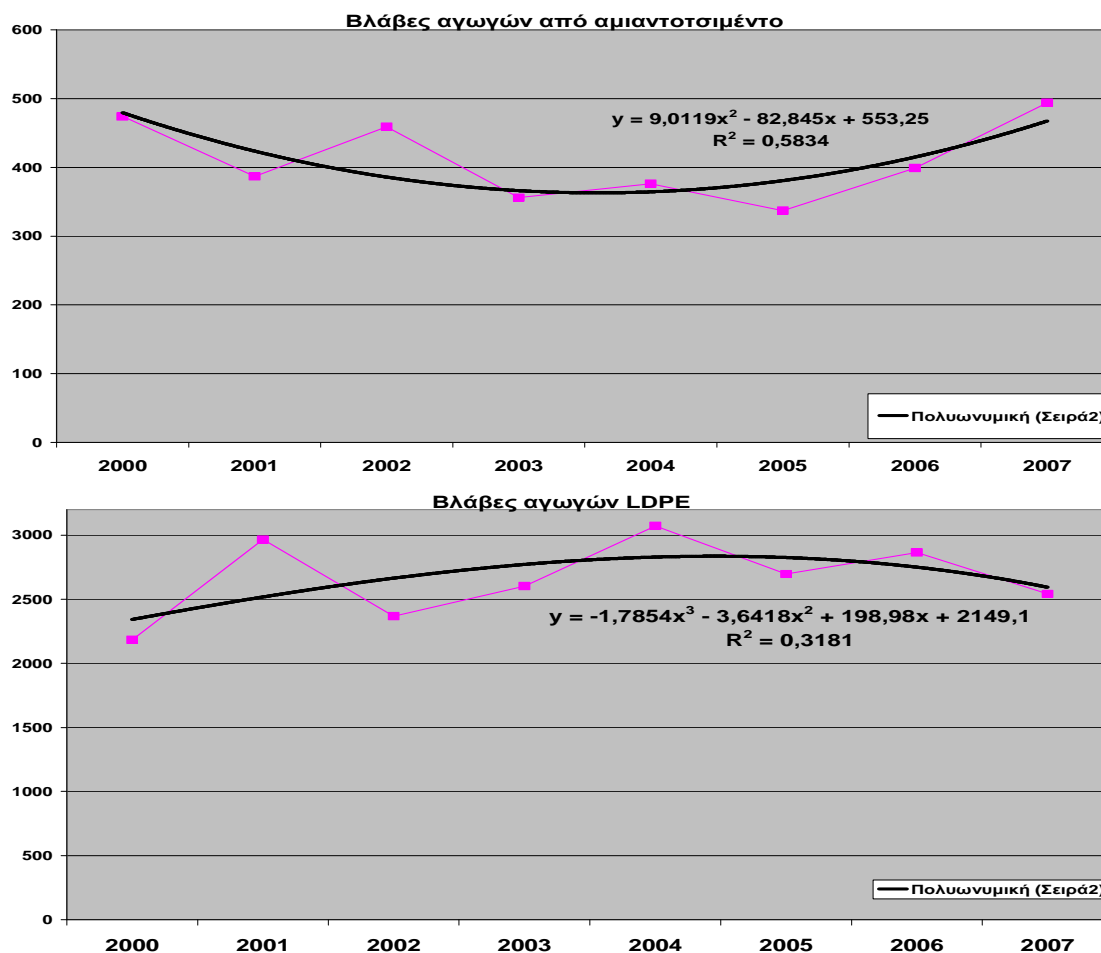
Υλικό	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Αμιαντοτσιμέντο	474	387	459	356	376	337	399	494
LPDE	2184	2966	2368	2603	3073	2697	2866	2542

Από τον πίνακα Δ-9.5 προκύπτει ότι δεδομένα βλαβών έχουν δοθεί μόνο για τους αγωγούς από αμιαντοτσιμέντο διαμέτρων από 80 έως 150 mm και για τους αγωγούς οικιακών παροχών (περιλαμβάνονται και οι βλάβες των εξαρτημάτων τους). Από μία πρώτη στατιστικά επεξεργασία των βλαβών οι οποίες δόθηκαν με αυτή την μορφή δεν δίνουν αποτελέσματα που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν. Από το σχήμα Δ-9.4 φαίνεται ότι όσον αφορά τις βλάβες των αγωγών από αμιαντοτσιμέντο, υπάρχει εξάρτηση πολυωνυμικής μορφής (2<sup>ου</sup> βαθμού) σε σχέση με τον χρόνο. Η τιμή του R<sup>2</sup> ήταν η καλύτερη από όλες τις υπόλοιπες εξαρτήσεις (0,5834). Όσον αφορά τις βλάβες των αγωγών από LDPE η εξάρτηση είναι και πάλι πολυωνυμικής μορφής (3<sup>ου</sup> βαθμού) σε σχέση με τον χρόνο αλλά δεν αντιπροσωπεύεται τόσο καλά (R<sup>2</sup>=0,3181). Σε αυτό μπορεί να συνεισφέρει το γεγονός ότι συμπεριλαμβάνονται στα στοιχεία των βλαβών και οι βλάβες των εξαρτημάτων των αγωγών.





Σχήμα Δ-9.3. (α) Αγωγοί δικτύου Λάρνακας ανά υλικό, (β) αγωγοί μεταφοράς, (γ) δευτερεύον δίκτυο και (δ) οικιακές παροχές ανά υλικό και διάμετρο



Σχήμα Δ-9.4. Βλάβες αγωγών (α) αμιαντοτσιμέντου και (β) LDPE

### Δ-9.7 Προσπάθεια εφαρμογής της μεθόδου DAC στο δίκτυο ύδρευσης της Λάρισας

Για να γίνει η εφαρμογή της μεθόδου DAC και να προκύψουν αξιόπιστα αποτελέσματα πρέπει τα δεδομένα να αφορούν κάθε αγωγό στο δίκτυο που είναι χωρικά τοποθετημένος. Δεν μπορούν να ομαδοποιηθούν όλοι οι αγωγοί ίδιου υλικού και ίδιας διαμέτρου, γιατί η βλάβη παρουσιάζεται τοπικά και ενδεχομένως να επιδρούν παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τον αγωγό στο σημείο που βρίσκεται. Άρα οι ίδιες συνθήκες δεν ισχύουν και στον ίδιο αγωγό που βρίσκεται σε άλλο σημείο και δεν μπορεί να συμπεριληφθεί στην ανάλυση σαν αγωγός που υπέστη βλάβη. Άλλωστε έχει αποδειχθεί ότι η πιθανότητα επανεμφάνισης μιας βλάβης σε κάποιον αγωγό σε πολύ μικρό διάστημα χώρου και χρόνου είναι σημαντικά μεγαλύτερη από κάθε άλλη θέση και στιγμή (χωρική και χρονική συσσώρευση των αποτυχιών των αγωγών) (Goulter et al., 1988, 1993). Όπως προαναφέρθηκε πρέπει οι αγωγοί να κωδικοποιηθούν στο δίκτυο και να αριθμηθούν. Η προσέγγιση επίλυσης της μεθόδου DAC χρησιμοποιώντας τους αγωγούς συνολικά ανά υλικό και διάμετρο δεν μπορεί να δώσει αποτελέσματα πρόβλεψης αποτυχιών των αγωγών παρά μόνο συνολικά, τα οποία όμως δεν εξυπηρετούν γιατί μπορεί κάποιος αγωγός να αποτύχει τοπικά. Δεν σημαίνει ότι όλοι οι αγωγοί από το ίδιο υλικό και ίδιας διαμέτρου θα αποτύχουν στο μέλλον. Επίσης τα χαρακτηριστικά των αγωγών που

παρέχονται από τις ΔΕΥΑ είναι τα βασικά, χωρίς να παρέχονται χαρακτηριστικά τα οποία επηρεάζουν τις αποτυχίες των αγωγών όπως οι συνθήκες του εδάφους, η θέση του αγωγού κάτω από τον δρόμο, η ακριβής πίεση, η θερμοκρασία του εδάφους, οι προηγούμενες αποτυχίες αυτού του τμήματος του αγωγού κλπ.

Γι' αυτό τον λόγο έγινε προσπάθεια εφαρμογής της μεθόδου DAC στο δίκτυο της Λάρισας για το οποίο υπήρχαν και περισσότερα δεδομένα. Στον πίνακα Δ-9.6 καταγράφονται τα δεδομένα που υπάρχουν για κάθε αγωγό. Οι αγωγοί χωρίζονται σε αποτυχίες και επιτυχίες με βάση το κριτήριο των συνολικών απωλειών (διαρροές/επισκευές=αποτυχίες, θραύσεις/αντικαταστάσεις=επιτυχίες). Το κριτήριο των συνολικών απωλειών είναι καλύτερο αφού οι διαρροές ευθύνονται για περισσότερες απώλειες νερού με λόγο 5:1 σε σχέση με τις θραύσεις (Kanakoudis et al., 2001). Συνολικά καταγράφηκαν 319 αγωγοί που «απέτυχαν» και 141 που «επέζησαν». Οι μεταβλητές πίεση, έδαφος και εξωτερικά φορτία είναι ψευδομεταβλητές στις οποίες οι τιμές έχουν κάποια λογική αλλά δεν επαληθεύονται. Η μεταβλητή «πίεση» λαμβάνει τιμές από 3 έως 6 atm ανάλογα με τη διάμετρο του αγωγού και όχι με την τοποθεσία που βρίσκεται ο αγωγός, αφού αυτό το δεδομένο δεν είναι γνωστό. Η μεταβλητή «έδαφος» αναφέρεται στην κατάσταση του εδάφους και είναι ποιοτική μεταβλητή, παίρνει τιμές από 0 έως 2, όπου το 0 αντιστοιχεί στο καθόλου επιθετικό έδαφος και το 2 στο πολύ επιθετικό έδαφος. Το ίδιο ισχύει για την μεταβλητή «εξωτερικά φορτία» η οποία παίρνει τιμές από 0 έως 2, όπου το 0 ισχύει για ελάχιστα φορτία από την κυκλοφορία ή αγωγούς που είναι στο πεζοδρόμιο και το 2 αφορά αγωγούς που βρίσκονται σε δρόμους μεγάλης κυκλοφορίας και με βαριά οχήματα.

**Πίνακας Δ-9.6.** Δεδομένα δικτύου Λάρισας για την εφαρμογή της DAC

Μεταβλητή	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Min	Max		Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Min	Max
Υλικό-MAT (%)	22,297	12,073	9,85	39,16	S S S S S S S S S S S S	22,946	13,507	9,85	39,16
Διάμετρος-D (mm)	140,62	103,42	19	500		105,6	59,55	19	300
Μήκος-L (Km)	26.461,5	33.961,95	76,32	113.095,5		36.797,81	36.851	363,63	113.095,8
Προηγούμενες αποτυχίες-BR (m)	8			8					
Ηλικία-AG (έτη)	11,893	21,944	1	135		329,05	640,73	1	4281,2
DIM1	24	19	0	61		13	12	0	59
DIM2	73	171	0,69	1147		29,4	48,5	0,69	392
Πίεση-PRES (atm)	2	7,1	0	79		20,49	62,1	0,009	661,39
Έδαφος-S	4,85	0,84	3	6		5,09	0,63	3,5	6
Εξωτερικά φορτία-LO	1	0,82	0	2		0,99	0,83	0	2
	0,73	0,72	0	2		0,59	0,57	0	2

Η μεταβλητή «υλικό» εκφράζεται σε ποσοστό του μήκους του κάθε υλικού σε σχέση με το συνολικό μήκος των αγωγών. Χρησιμοποιούνται επίσης δύο αδιάστατες ομαδοποιημένες μεταβλητές οι DIM1 και DIM2, οι οποίες ερμηνεύονται στον πίνακα Δ-9.7. Στον πίνακα Δ-9.8 φαίνονται όλοι οι συνδυασμοί των μεταβλητών για την δημιουργία των 26 σεναρίων.

**Πίνακας Δ-9.7.** Ομαδοποιημένες μεταβλητές

Ομαδοποιημένες	Αντιπροσωπεύει	Μονάδες	Ομαδοποιημένες	Αντιπροσωπεύει	Μονάδες
DIM1	[D/L]10 <sup>3</sup>	-	DIM2	[BR /L] 10 <sup>3</sup>	-

**Πίνακας Δ-9.8.** Μεταβλητές ανά σενάριο

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
<b>D</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>MAT</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>AG</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>BR</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>L</b>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>DIM1</b>			X	X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>DIM2</b>				X																X	X	X	X	X	X	X
<b>S</b>					X			X	X		X	X			X	X			X	X			X	X		X
<b>LO</b>						X		X		X	X		X		X		X	X		X			X		X	X
<b>PRES</b>						X		X	X	X				X		X	X	X			X			X	X	X

**Δ-9.7.1 Αποτελέσματα - συζήτηση**

Τα αποτελέσματα του πρώτου μέρους της ανάλυσης (πίνακας Δ-9.9) δείχνουν ότι:

- Η περισσότερο σημαντική μεταβλητή (αυτή που έχει την μεγαλύτερη απόλυτη τιμή του S<sub>i</sub>) και συνεισφέρει περισσότερο στον διαχωρισμό όλα τα σενάρια είναι η μεταβλητή «προηγούμενες αποτυχίες» και είναι λογικό αφού αυτή η μεταβλητή θα καθορίσει σε μεγάλο βαθμό αν ο αγωγός με τα ίδια χαρακτηριστικά θα αποτύχει ξανά.
- Η μεταβλητή «έδαφος» ανεδείχθη ότι δεν είναι σημαντική (σε 11 από τα 26 σενάρια) αλλά είναι ευσταθής και έτσι δεν μπορεί να αγνοηθεί.

**Πίνακας Δ-9.9.** Αποτελέσματα για το δίκτυο της Λάρισας (μέρος Ι)

Σεν.	Σημαντική μεταβλητή	Λιγότερο σημαντική μεταβλητή	Ασταθής μεταβλητή	Σεν.	Σημαντική μεταβλητή	Λιγότερο σημαντική μεταβλητή	Ασταθής μεταβλητή
1	Προηγ. Αποτυχίες	Διάμετρος	D, BR, AG	14	Προηγ. Αποτυχίες	Μήκος	D, BR, AG, DIM1
2	Προηγ. Αποτυχίες	Διάμετρος	D, BR, AG	15	Προηγ. Αποτυχίες	Έδαφος	D, BR, AG, DIM1
3	Προηγ. Αποτυχίες	Διάμετρος	D, BR, AG, DIM1	16	Προηγ. Αποτυχίες	Έδαφος	D, BR, AG, DIM1
4	Προηγ. Αποτυχίες	Διάμετρος	BR, AG, DIM1, DIM2	17	Προηγ. Αποτυχίες	DIM1	D, BR, AG, DIM1
5	Προηγ. Αποτυχίες	Έδαφος	D, BR, AG, S	18	Προηγ. Αποτυχίες	Έδαφος	D, BR, AG, DIM1
6	Προηγ. Αποτυχίες	Υλικό	D, BR, AG	19	Προηγ. Αποτυχίες	Έδαφος	BR, AG, DIM1, DIM2
7	Προηγ. Αποτυχίες	Υλικό	D, BR, AG	20	Προηγ. Αποτυχίες	Ηλικία	D, BR, AG, DIM1, DIM2
8	Προηγ. Αποτυχίες	Έδαφος	D, BR, AG	21	Προηγ. Αποτυχίες	Μήκος	D, BR, AG, DIM1, DIM2
9	Προηγ. Αποτυχίες	Έδαφος	D, BR, AG, S, PRES	22	Προηγ. Αποτυχίες	Έδαφος	D, BR, AG, DIM1, DIM2
10	Προηγ. Αποτυχίες	Υλικό	D, BR, AG	23	Προηγ. Αποτυχίες	Έδαφος	D, BR, AG, DIM1, DIM2
11	Προηγ. Αποτυχίες	Έδαφος	D, BR, AG	24	Προηγ. Αποτυχίες	Ηλικία	D, BR, AG, DIM1, DIM2
12	Προηγ. Αποτυχίες	Έδαφος	D, BR, AG, DIM1	25	Προηγ. Αποτυχίες	Έδαφος	D, BR, AG, DIM1, DIM2
13	Προηγ. Αποτυχίες	DIM1	D, BR, AG, DIM1	26	Προηγ. Αποτυχίες	Ηλικία	D, BR, AG

Με βάση τα αποτελέσματα που εξάγονται από την εφαρμογή της μεθόδου DAC στο δίκτυο ύδρευσης της Λάρισας (πίνακας Δ-9.10, σχήμα Δ-9.5) το δίκτυο πέτυχε ποσοστά

σωστής ταξινόμησης για τους αγωγούς που «απέτυχαν» της τάξης 73,7-86,5% ( $EF_f$ ), 63,8-74,5% για τους αγωγούς που «επέζησαν» ( $EF_s$ ) και 72,2-82,0% συνολικά ( $EF_t$ ). Η πλειοψηφία των αγωγών που πραγματικά θα επιζήσουν ταξινομήθηκαν σαν «επιζώντες» και η πλειοψηφία από τους αγωγούς που πραγματικά θα αποτύχουν ταξινομήθηκαν σαν «αποτυχίες».

Όσον αφορά τον διαχωρισμό που πραγματοποιήθηκε, οι τιμές του  $\Lambda$  κυμάνθηκαν μεταξύ του 0,72 και του 0,79 δείχνοντας ότι ο διαχωρισμός που επιτυγχάνεται δεν είναι ικανοποιητικός (όσο πιο κοντά στο 0 η τιμή του  $\Lambda$  τόσο καλύτερος ο διαχωρισμός), παρόλο που τα ποσοστά του πληθυσμού που ταξινομήθηκε σωστά ήταν καλά (72,2-82,0%). Το R (CCC) συμφωνεί με το  $\Lambda$  του Wilk και κυμαίνεται από 0,46 έως 0,53.

**Πίνακας Δ-9.10.** Αποτελέσματα για το δίκτυο της Λάρισας (μέρος II)

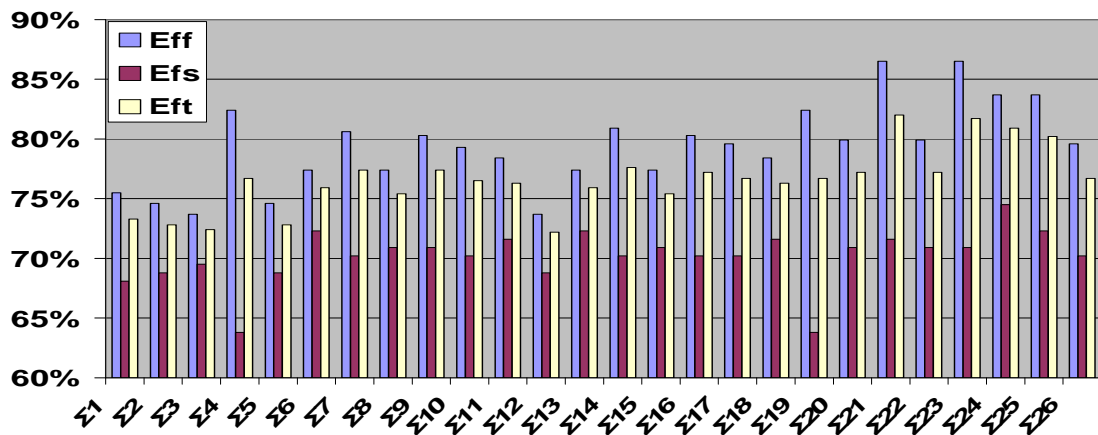
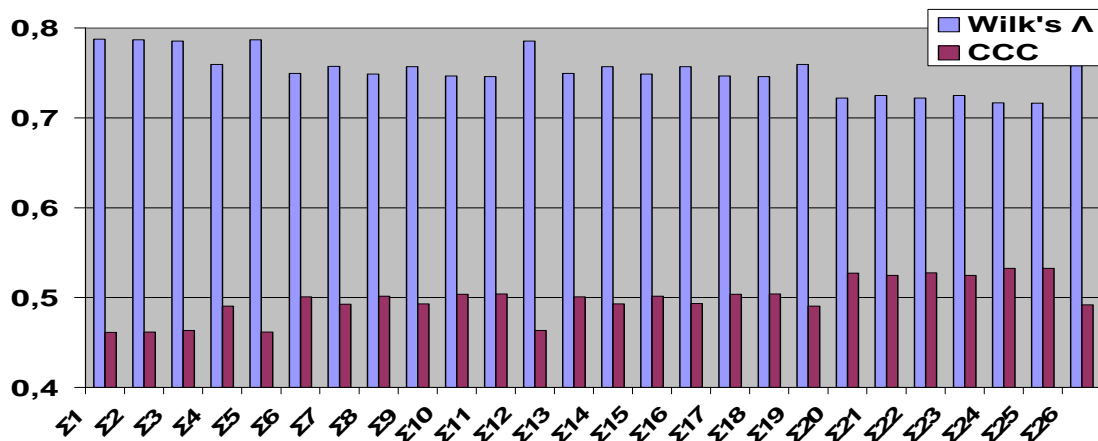
Σενάριο	$EF_f$	$EF_s$	$EF_t$	Wilk's $\Lambda$	R	Σενάριο	$EF_f$	$EF_s$	$EF_t$	Wilk's $\Lambda$	R
1	75,5%	68,1%	73,3%	0,78739	0,46108	14	80,9%	70,2%	77,6%	0,75690	0,49306
2	74,6%	68,8%	72,8%	0,78686	0,46169	15	77,4%	70,9%	75,4%	0,74865	0,50133
3	73,7%	69,5%	72,4%	0,78529	0,46336	16	80,3%	70,2%	77,2%	0,75670	0,49324
4	82,4%	63,8%	76,7%	0,75933	0,49061	17	79,6%	70,2%	76,7%	0,74633	0,50366
5	74,6%	68,8%	72,8%	0,78686	0,46169	18	78,4%	71,6%	76,3%	0,74584	0,50416
6	77,4%	72,3%	75,9%	0,74918	0,50082	19	82,4%	63,8%	76,7%	0,75933	0,49061
7	80,6%	70,2%	77,4%	0,75711	0,49283	20	79,9%	70,9%	77,2%	0,72210	0,52714
8	77,4%	70,9%	75,4%	0,74867	0,50133	21	86,5%	71,6%	82,0%	0,72481	0,52460
9	80,3%	70,9%	77,4%	0,75694	0,49301	22	79,9%	70,9%	77,2%	0,72176	0,52748
10	79,3%	70,2%	76,5%	0,74633	0,50366	23	86,5%	70,9%	81,7%	0,72471	0,52470
11	78,4%	71,6%	76,3%	0,74585	0,50416	24	83,7%	74,5%	80,9%	0,71665	0,53232
12	73,7%	68,8%	72,2%	0,78527	0,46336	25	83,7%	72,3%	80,2%	0,71634	0,53261
13	77,4%	72,3%	75,9%	0,74917	0,50082	26	79,6%	70,2%	76,7%	0,75800	0,49196

Τα σενάρια νο. 24 και 25 (το 25 περιλαμβάνει όλες τις μεταβλητές) είναι τα καλύτερα όσον αφορά το  $\Lambda$  του Wilk, το CCC και το  $EF_s$ , ενώ τα σενάρια νο. 21 και 23 είναι τα καλύτερα όσον αφορά το  $EF_f$  και το  $EF_t$  χωρίς να απέχουν πολύ από τα σενάρια νο. 24 και 25.

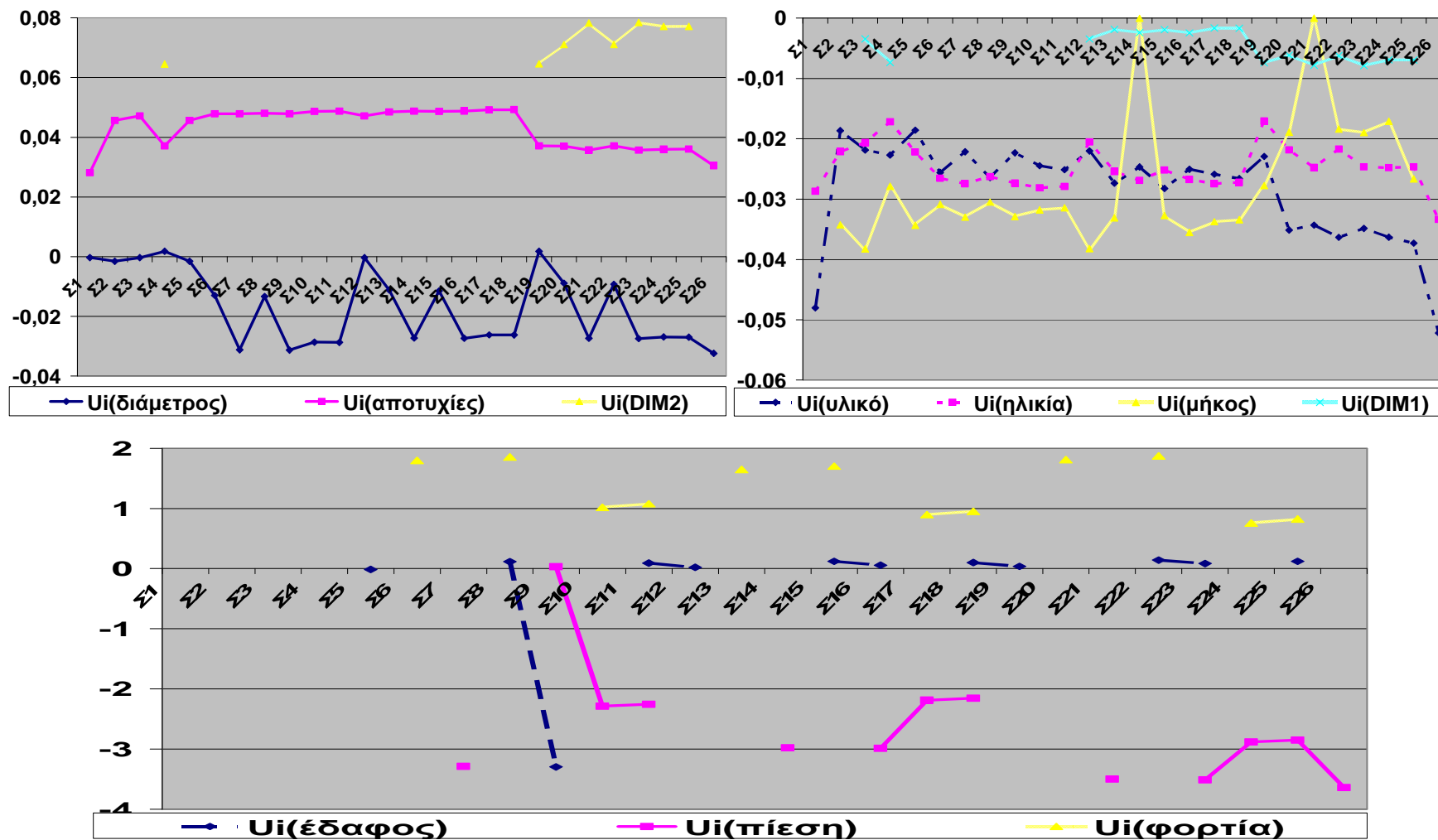
Οι μη-κανονικοποιημένοι συντελεστές ( $U_i$ ) είναι εκείνοι που χρησιμοποιούνται για το υπολογισμό των  $Z$  και για τις δύο ομάδες των αγωγών (πίνακας Δ-9.11, σχήμα Δ-9.6). Ένας αρνητικός μη-κανονικοποιημένος συντελεστής ( $U_i$ ) σημαίνει ότι κάθε αύξηση στην τιμή της αντίστοιχης μεταβλητής του αγωγού μειώνει την τιμή του  $Z$  και την πιθανότητα αυτός να ανήκει στην ομάδα των «επιτυχιών - θραύσεων» (π.χ. υλικό αγωγού, ηλικία, πίεση, DIM1). Η ηλικία και η πίεση είναι αναμενόμενο όσο αυξάνονται να οδηγούν τους αγωγούς σε αποτυχίες. Η μεταβλητή «υλικό του αγωγού» χρησιμοποιείται σαν ποιοτική μεταβλητή και την μεγαλύτερη τιμή της την έχουν οι αγωγοί από PVC οι οποίοι αποτελούν και τους αγωγούς μεγαλύτερου μήκους στο δίκτυο (σχήμα Γ-3.3). Άρα οι αγωγοί από PVC θα είναι αυτοί που θα αποτύχουν όπως άλλωστε φαίνεται και από τα καταγεγραμμένα δεδομένα των αποτυχιών. Αντίθετα ένας θετικός μη-κανονικοποιημένος συντελεστής αυξάνει την τιμή του  $Z$  και την πιθανότητα αυτός να ανήκει στην ομάδα των «επιτυχιών - θραύσεων» (π.χ. προηγούμενες αποτυχίες, εξωτερικά φορτία, DIM2).

Πίνακας Δ-9.11. Μη-κανονικοποιημένοι συντελεστές (U<sub>i</sub>)

	Σεν.1	Σεν.2	Σεν.3	Σεν.4	Σεν.5	Σεν.6	Σεν.7	Σεν.8	Σεν.9	Σεν.10	Σεν.11	Σεν.12	Σεν.13
U <sub>i</sub> (διάμετρος)	-0,0003	-0,0015	-0,0003	0,0018	-0,0015	-0,0130	-0,0312	-0,0134	-0,0313	-0,0286	-0,0287	-0,0003	-0,0112
U <sub>i</sub> (αποτυχιές)	0,0281	0,0456	0,0471	0,0371	0,0456	0,0478	0,0479	0,0480	0,0479	0,0487	0,0488	0,0471	0,0485
U <sub>i</sub> (υλικό)	-0,0480	-0,0187	-0,0219	-0,0227	-0,0186	-0,0256	-0,0222	-0,0264	-0,0223	-0,0245	-0,0251	-0,0220	-0,0274
U <sub>i</sub> (ηλικία)	-0,0287	-0,0221	-0,0206	-0,0172	-0,0222	-0,0265	-0,0275	-0,0263	-0,0274	-0,0281	-0,0279	-0,0205	-0,0254
U <sub>i</sub> (μήκος)		-0,0343	-0,0382	-0,0279	-0,0343	-0,0309	-0,0330	-0,0305	-0,0329	-0,0318	-0,0314	-0,0382	-0,0331
U <sub>i</sub> (DIM1)			-0,0034	-0,0074								-0,0035	-0,0019
U <sub>i</sub> (DIM2)				0,0645									
U <sub>i</sub> (έδαφος)					-0,0143			0,1138	0,0323		0,0926	0,0212	
U <sub>i</sub> (πίεση)							-3,2883		-3,2979	-2,2850	-2,2550		
U <sub>i</sub> (φορτία)						1,7970		1,8553		1,0197	1,0774		1,6481
	Σεν.14	Σεν.15	Σεν.16	Σεν.17	Σεν.18	Σεν.19	Σεν.20	Σεν.21	Σεν.22	Σεν.23	Σεν.24	Σεν.25	Σεν.26
U <sub>i</sub> (διάμετρος)	-0,0273	-0,0115	-0,0274	-0,0262	-0,0263	0,0018	-0,0089	-0,0274	-0,0092	-0,0275	-0,0269	-0,0270	-0,0324
U <sub>i</sub> (αποτυχιές)	0,0488	0,0487	0,0488	0,0492	0,0493	0,0371	0,0370	0,0357	0,0371	0,0357	0,0360	0,0360	0,0305
U <sub>i</sub> (υλικό)	-0,0247	-0,0282	-0,0251	-0,0259	-0,0266	-0,0229	-0,0351	-0,0343	-0,0363	-0,0349	-0,0363	-0,0373	-0,0522
U <sub>i</sub> (ηλικία)	-0,0269	-0,0252	-0,0267	-0,0275	-0,0272	-0,0171	-0,0218	-0,0248	-0,0217	-0,0247	-0,0248	-0,0247	-0,0334
U <sub>i</sub> (μήκος)	0,0000	-0,0327	-0,0355	-0,0338	-0,0334	-0,0278	-0,0189	0,0000	-0,0184	-0,0190	-0,0171	-0,0267	
U <sub>i</sub> (DIM1)	-0,0024	-0,0019	-0,0025	-0,0016	-0,0017	-0,0074	-0,0062	-0,0078	-0,0062	-0,0079	-0,0069	-0,0070	
U <sub>i</sub> (DIM2)						0,0646	0,0711	0,0783	0,0711	0,0784	0,0771	0,0772	
U <sub>i</sub> (έδαφος)		0,1203	0,0564		0,1005	0,0369			0,1414	0,0848		0,1208	
U <sub>i</sub> (πίεση)	-2,9797		-2,9888	-2,1880	-2,1560			-3,5002		-3,5135	-2,8810	-2,8510	-3,6412
U <sub>i</sub> (φορτία)		1,7034		0,8967	0,9531		1,8106		1,8726		0,7583	0,8226	



Σχήμα Δ-9.5. E<sub>F</sub>, E<sub>Fs</sub>, E<sub>Ft</sub>, Λ του Wilk's και CCC για όλα τα σενάρια



Σχήμα Δ-9.6. Μη-κανονικοποιημένοι συντελεστές ( $U_i$ )

## Δ-9.8 Εφαρμογή της μεθόδου DAC στο δίκτυο ύδρευσης της Λάρισας με χρονικό βήμα

Για να επιβεβαιωθεί κατά πόσο η μέθοδος DAC μπορεί να προβλέψει με επιτυχία τις αποτυχίες των αγωγών, εφαρμόζεται η μέθοδος χρησιμοποιώντας το χρονικό βήμα. Η συνολική περίοδος για την οποία υπάρχουν δεδομένα αποτυχιών των αγωγών για το δίκτυο ύδρευσης της Λάρισας είναι 18 έτη. Η περίοδος χωρίζεται σε δύο μικρότερες περιόδους από 9 έτη η καθεμία και εφαρμόζεται η μέθοδος DAC μόνο για τα σενάρια 21, 23 και 25 για τα οποία αποδείχθηκε ότι επιτυγχάνεται ο καλύτερος διαχωρισμός και η πρόβλεψη των αποτυχιών είναι μεγάλη. Στην συνέχεια ελέγχεται κατά πόσο η πρόβλεψη της μεθόδου με βάση τα δεδομένα των 9 πρώτων ετών επιβεβαιώνει τις αποτυχίες των ακολούθων 9 ετών. Ο συνολικός αριθμός των αποτυχιών - διαρροών για τα πρώτα 9 έτη είναι 137 αγωγοί και των επιτυχιών - θραύσεων 73 αγωγοί. Στον πίνακα Δ-9.12 παρουσιάζονται οι μέση τιμή, η τυπική απόκλιση, οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές των παραμέτρων των αγωγών που χρησιμοποιήθηκαν για το χρονικό βήμα.

**Πίνακας Δ-9.12.** Δεδομένα δικτύου Λάρισας για την εφαρμογή του χρονικού βήματος

Μεταβλητή	Διαρροές – επισκευές F				Θραύσεις – αντικαταστάσεις S			
	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Min	Max	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Min	Max
Υλικό-MAT (%)	22,346	11,6316	9,85	39,16	21,26	12,74	9,85	39,16
Διάμετρος-D (mm)	139,1854	108,896	25,4	500	112,47	62,45	19	300
Μήκος-L (Km)	27,46	35,95	0,076	113,096	32,955	35,86	0,363	113,096
Προηγούμενες αποτυχίες-BR (m)	13,5766	26,3951	1	135	302,33	638,87	1	4281,2
Ηλικία-AG (έτη)	19,54	17,34	0	54	11,66	14,01	0	52
DIM1	66,4049	150,7164	0,6936	1147,353	35,16	58,31	0,69	392,32
DIM2	2,268	8,3389	0,0096	78,616	23,47	79,8	0,03	661,39
Πίεση-PRES (atm)	4,89	0,84	3	6	5,02	0,68	3,5	6
Έδαφος-S	0,9489	1,807	0	2	0,9178	0,795	0	2
Εξωτερικά φορτία-LO	0,686	0,725	0	2	0,6712	0,6248	0	2

### Δ-9.8.1 Αποτελέσματα - συζήτηση

Τα αποτελέσματα του της ανάλυσης για τα πρώτα 9 έτη (πίνακας Δ-9.13, σχήμα Δ-9.7) δείχνουν ότι:

- Η περισσότερο σημαντική μεταβλητή (αυτή που έχει την μεγαλύτερη απόλυτη τιμή του  $S_i$ ) και συνεισφέρει περισσότερο στον διαχωρισμό όλα τα σενάρια είναι η μεταβλητή «προηγούμενες αποτυχίες» και είναι λογικό αφού αυτή η μεταβλητή θα καθορίσει σε μεγάλο βαθμό αν ο αγωγός με τα ίδια χαρακτηριστικά θα αποτύχει ξανά. Το ίδιο ίσχυε και για όλο το χρονικό διάστημα.
- Η μεταβλητή «έδαφος» ανεδείχθη ότι δεν είναι σημαντική (σε 2 από τα 3 σενάρια). Στην περίπτωση όλου του χρονικού διαστήματος για το σενάριο νο.21 η λιγότερη σημαντική μεταβλητή ήταν το «μήκος». Στις ασταθείς μεταβλητές για τα σενάρια νο. 23 και 25 προστέθηκε και η μεταβλητή «έδαφος».

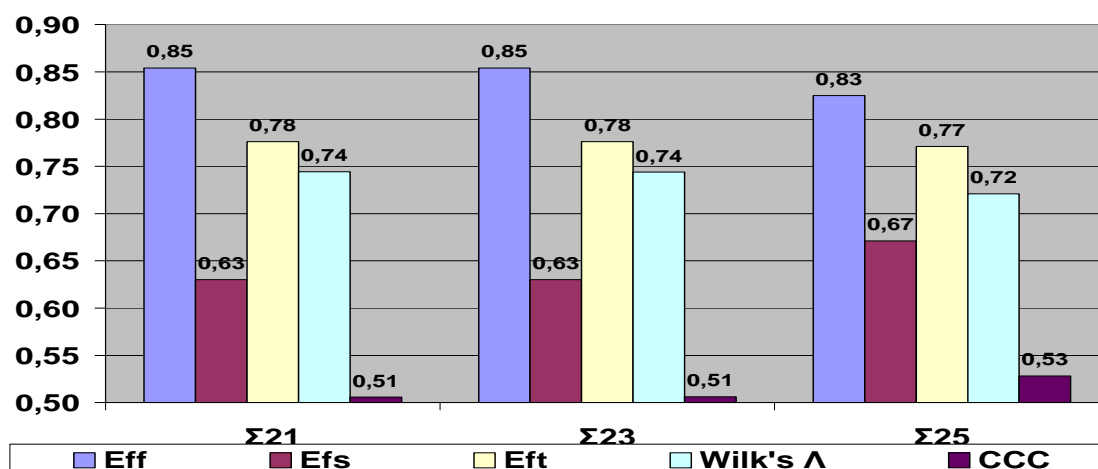


- Όσον αφορά τα ποσοστά σωστής ταξινόμησης για τις αποτυχίες, τις επιτυχίες και συνολικά παρατηρείται μία μικρή μείωση των ποσοστών αυτών για την περίπτωση του χρονικού βήματος. Το  $\Lambda$  του Wilk's και το R(CCC) παρουσιάζουν και αυτά χειρότερη εικόνα στην περίπτωση του χρονικού βήματος. Αυτό είναι αναμενόμενο διότι η μέθοδος DAC κάνει καλύτερο διαχωρισμό όταν και το πλήθος των μεταβλητών είναι μεγαλύτερο αλλά και η ποσότητα των τιμών των μεταβλητών, όπως αποδείχθηκε και στην περίπτωση των αγωγών πετρελαίου και φυσικού αερίου.

Πίνακας Δ-9.13. Αποτελέσματα για το δίκτυο της Λάρισας

Σεν.	Σημαντική Μεταβλητή	Λιγότερο Σημαντική Μεταβλητή	Ασταθής Μεταβλητή	Eff	EFs	EFt	Wilk's $\Lambda$	R
21	Προηγ. Αποτυχίες	Ηλικία	D, BR, MAT, AG, DIM1, DIM2	85,4%	63,0%	77,6 %	0,74424	0,50575
23	Προηγ. Αποτυχίες	Έδαφος	D, BR, MAT, AG, DIM1, DIM2, S	85,4%	63,0%	77,6 %	0,74387	0,50608
25	Προηγ. Αποτυχίες	Έδαφος	D, BR, MAT, AG, DIM1, DIM2, S	82,5%	67,1%	77,1 %	0,72099	0,52822

Το σενάριο νο. 25 παραμένει να είναι το καλύτερο όσον αφορά το  $\Lambda$  του Wilk, το CCC και το  $EF_s$ , ενώ τα σενάρια νο. 21 και 23 είναι τα καλύτερα όσον αφορά το  $EF_f$  και το  $EF_t$  χωρίς να απέχουν πολύ από το σενάριο νο. 25.

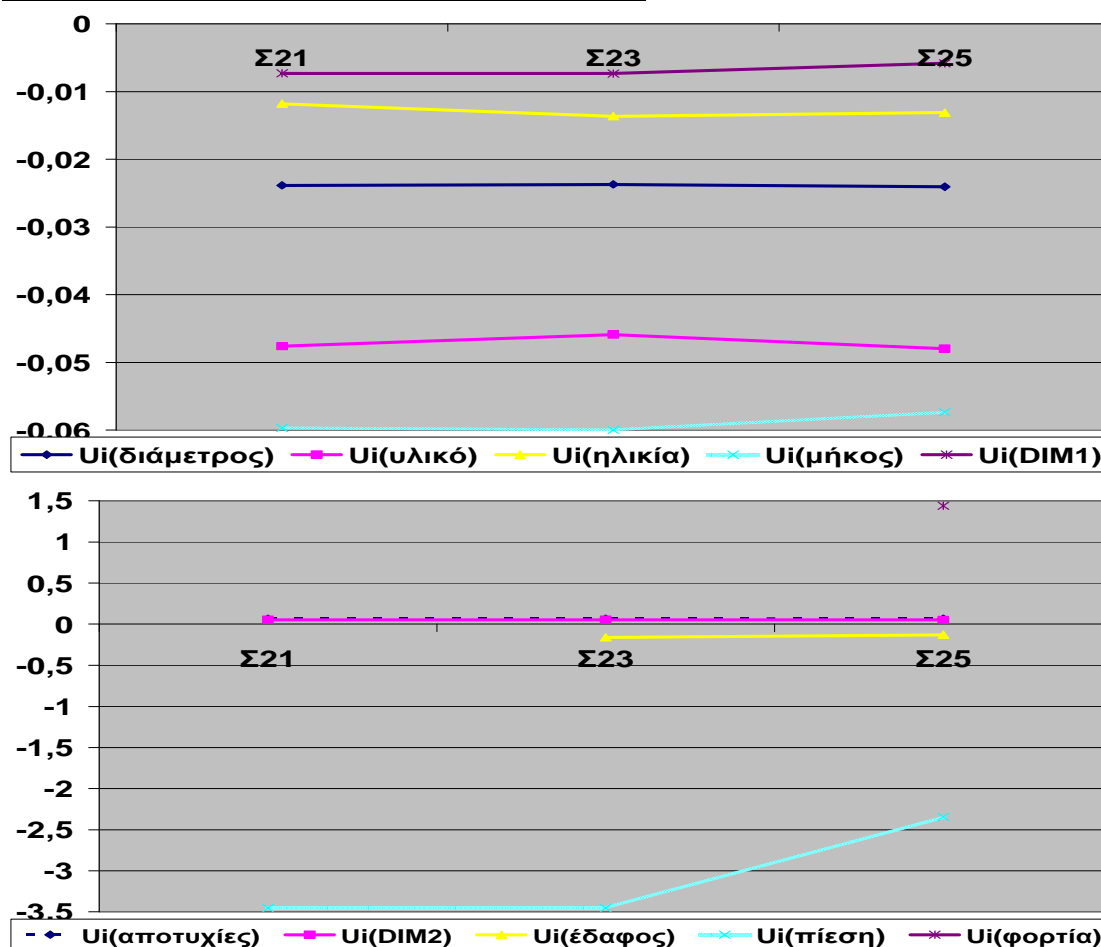


Σχήμα Δ-9.7.  $EF_f$ ,  $EF_s$ ,  $EF_t$ ,  $\Lambda$  του Wilk's και CCC για την περίπτωση των 9 ετών

Οι μη-κανονικοποιημένοι συντελεστές ( $U_i$ ) είναι εκείνοι που χρησιμοποιούνται για το υπολογισμό των  $Z$  και για τις δύο ομάδες των αγωγών (πίνακας Δ-9.14, σχήμα Δ-9.8). Ένας αρνητικός μη-κανονικοποιημένος συντελεστής ( $U_i$ ) σημαίνει ότι κάθε αύξηση στην τιμή της αντίστοιχης μεταβλητής του αγωγού μειώνει την τιμή του  $Z$  και την πιθανότητα αυτός να ανήκει στην ομάδα των «επιτυχιών - θραύσεων» (π.χ. διάμετρος, υλικό αγωγού, ηλικία, μήκος, πίεση, DIM1, έδαφος). Αντίθετα ένας θετικός μη-κανονικοποιημένος συντελεστής αυξάνει την τιμή του  $Z$  και την πιθανότητα αυτός να ανήκει στην ομάδα των «επιτυχιών - θραύσεων» (π.χ. προηγούμενες αποτυχίες, εξωτερικά φορτία, DIM2).

Πίνακας Δ-9.14. Μη-κανονικοποιημένοι συντελεστές ( $U_i$ )

	Σεν. 21	Σεν. 23	Σεν. 25
$U_i$ (διάμετρος)	-0,02385	-0,02371	-0,02405
$U_i$ (αποτυχίες)	0,06605	0,06582	0,06732
$U_i$ (υλικό)	-0,04761	-0,04587	-0,04796
$U_i$ (ηλικία)	-0,0118	-0,01363	-0,01309
$U_i$ (μήκος)	-0,05966	-0,05996	-0,05734
$U_i$ (DIM1)	-0,007314	-0,007337	-0,005829
$U_i$ (DIM2)	0,05293	0,05474	0,05195
$U_i$ (έδαφος)		-0,1617	-0,1286
$U_i$ (πίεση)	-3,453	-3,453	-2,344
$U_i$ (φορτία)			1,441



Σχήμα Δ-9.8. Μη-κανονικοποιημένοι συντελεστές ( $U_i$ ) για την περίπτωση των 9 ετών

Στην προσπάθεια υπολογισμού της πιθανότητας πρόβλεψης των αποτυχιών των αγωγών με την χρήση του χρονικού βήματος αντιμετωπίστηκαν δυσκολίες εξαιτίας της μορφής των δεδομένων των αγωγών. Είναι δυνατή η πρόβλεψη των αγωγών που θα αστοχήσουν στο μέλλον και μάλιστα προβλέπονται οι αγωγοί διαμέτρου και υλικού που παρουσιάζουν τις περισσότερες αστοχίες. Δεν είναι δυνατή όμως η εξαγωγή ποσοστού πρόβλεψης. Αν τα δεδομένα παρουσίαζαν την μορφή όπως αυτά των αγωγών πετρελαίου και φυσικού αερίου, τότε θα ήταν δυνατός ο υπολογισμός της πρόβλεψης των αγωγών.

## Κεφάλαιο Δ-10: Συμπεράσματα - Προτάσεις

Ο σκοπός αυτού του μέρους της διατριβής ήταν να εφαρμοστεί η μέθοδος DAC σε δίκτυα μεταφοράς πετρελαίου και φυσικού αερίου και να εξεταστεί κατά πόσο η εφαρμογή αυτή είναι επιτυχημένη και κατά πόσο μπορεί να εφαρμοστεί σε δίκτυα μεταφοράς νερού.

Ωστόσο, ο σκοπός αυτός αναδεικνύεται πολύπλευρος, καθώς δόθηκε ιδιαίτερη σημασία:

- ❖ στην χρησιμότητα των δύο στατιστικών τεχνικών, κυρίως με την συνδυαστική εφαρμογή τους,
- ❖ στην ανάλυση της συμπεριφοράς και επίδρασης του κάθε χαρακτηριστικού στην αξιοπιστία των αγωγών,
- ❖ στην λογική της δημιουργίας συνδυασμών χαρακτηριστικών με σκοπό την βελτίωση της στατιστικής ακρίβειας των αποτελεσμάτων,
- ❖ στην σημασία της εισαγωγής ομαδοποιημένων χαρακτηριστικών και στα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση αυτή,
- ❖ στην ιδιαιτερότητα της χρήσης αδιάστατων ομαδοποιημένων μεταβλητών,
- ❖ στην αλληλεξάρτηση και αλληλεπίδραση μεταξύ των απλών και των ομαδοποιημένων χαρακτηριστικών.
- ❖ στην εφαρμογή της μεθόδου και σε άλλα δίκτυα και τις προϋποθέσεις για αυτή την εφαρμογή.
- ❖ στην προσπάθεια εφαρμογής της μεθόδου στο δίκτυο ύδρευσης της πόλης της Λάρισας χρησιμοποιώντας τόσο πραγματικά δεδομένα όσο και πλασματικά δεδομένα. Το κριτήριο διαχωρισμού των «αποτυχιών» από τις «επιτυχίες» ήταν οι συνολικές απώλειες ταξινομώντας τις διαρροές στις «αποτυχίες» και τις θραύσεις στις «επιτυχίες».

Από την μελέτη που προηγήθηκε, προκύπτουν μεταξύ άλλων και τα εξής συμπεράσματα:

🔲 Οι πολυμεταβλητές στατιστικές τεχνικές της διαχωριστικής ανάλυσης και της ταξινόμησης (μέθοδος DAC), αποτελούν ένα πολύτιμο εργαλείο, χρήσιμο για την επίλυση προβλημάτων αξιοπιστίας και όχι μόνο.

🔲 Η μέθοδος DAC αποδεικνύεται πολύ σημαντική γιατί λαμβάνοντας υπόψη έναν μεγάλο αριθμό διαφορετικών και πολύπλοκων μεταβλητών των αγωγών, μελετά τις διαφορές των δύο ομάδων (των επιτυχιών και των αποτυχιών) και παράγει ένα μοντέλο πρόβλεψης της αξιοπιστίας βασισμένο στα χαρακτηριστικά των αγωγών.

🔲 Οι τιμές του Z προκύπτουν από μία κανονική διαχωριστική συνάρτηση που είναι ένας γραμμικός συνδυασμός των διαχωριστικών μεταβλητών. Η συμπεριφορά των

αγωγών (εάν θα αποτύχουν ή όχι) μπορεί να προβλεφθεί υπολογίζοντας την τιμή του  $Z$ , δεδομένου ότι τα χαρακτηριστικά τους είναι γνωστά.

✚ Η εισαγωγή ομαδοποιημένων μεταβλητών στην πρόβλεψη αξιοπιστίας συμβάλει, από κάθε άποψη, σε μεγάλο βαθμό στην δημιουργία μοντέλων πρόβλεψης τα οποία παρέχουν πολύ υψηλά ποσοστά ταξινόμησης. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει άλλωστε από το γεγονός ότι τα βέλτιστα μοντέλα, στο σύνολο αυτών που μελετήθηκαν, περιλαμβάνουν ομαδοποιημένες μεταβλητές.

✚ Η αύξηση του αριθμού των χαρακτηριστικών, οι τιμές των οποίων λαμβάνονται υπόψη, έχει σαν αποτέλεσμα τον καλύτερο διαχωρισμό και την αύξηση των ποσοστών σωστής ταξινόμησης. Οδηγεί, δηλαδή, σχεδόν πάντα στην δημιουργία ενός βελτιωμένου μοντέλου πρόβλεψης της συμπεριφοράς των αγωγών. Αυτό αποδεικνύεται από το γεγονός ότι ο διαχωρισμός που επιτυγχάνεται είναι πολύ καλύτερος για το δίκτυο της ΒΘ (που έχει περισσότερα δεδομένα) από τον διαχωρισμό που επιτυγχάνεται για το δίκτυο του ΚΜ (λιγότερα δεδομένα σε πλήθος).

✚ Η σημασία του προσήμου στους συντελεστές της διαχωριστικής συνάρτησης σχετίζεται κάθε φορά με τον τρόπο που επηρεάζει το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό την τιμή της διαχωριστικής μεταβλητής. Έτσι, π.χ. αρνητικός συντελεστής ενός χαρακτηριστικού  $X$  δηλώνει ότι αύξηση της τιμής του χαρακτηριστικού αυτού έχει ως συνέπεια την μείωση της τιμής της μεταβλητής  $Z$  και επομένως αυξάνεται η πιθανότητα ταξινόμησης του αγωγού στην ομάδα των επιτυχιών, και αντίστροφα. Εντούτοις, η ερμηνεία του προσήμου πρέπει να γίνεται κατά περίπτωση σε συνάρτηση με τα άλλα χαρακτηριστικά που περιλαμβάνονται στην ανάλυση.

✚ Ο χρόνος ζωής του αγωγού και η παράμετρος DIM2 είναι τα χαρακτηριστικά που δίνουν τον καλύτερο διαχωρισμό για τα δίκτυα της ΒΘ και του ΚΜ αντίστοιχα. Για την ΒΘ ο χρόνος ζωής του αγωγού έχει θετικά πρόσημα (καθώς η τιμή του αυξάνεται, η πιθανότητα αποτυχίας του αγωγού μειώνεται). Για τον ΚΜ το μήκος του αγωγού, η διάμετρος του, το προϊόν, ο χρόνος ζωής, το DIM2 και το DIM5 έχουν αρνητικά πρόσημα (καθώς η τιμή των χαρακτηριστικών αυξάνεται, η πιθανότητα αποτυχίας των αγωγών μειώνεται). Επομένως για το δίκτυο του ΚΜ είτε μεγάλης διαμέτρου είτε μεγάλου μήκους αγωγοί είναι ασφαλέστεροι. Αυτό μπορεί να ερμηνευθεί καθώς οι αγωγοί μεγάλης διαμέτρου έχουν τοιχώματα μεγαλύτερου πάχους σε σύγκριση με τους αγωγούς μικρότερης διαμέτρου. Παρότι μη αναμενόμενο, και για τα δύο δίκτυα η πιθανότητα αποτυχίας των αγωγών μειώνεται με τον χρόνο καθώς οι τρέχουσες καταστάσεις τάσης είναι μικρότερες σε ένταση.

✚ Η εισαγωγή του χρονικού βήματος στην ανάλυση του δικτύου της ΒΘ απέδειξε ότι με πολύ μεγάλη πιθανότητα (97%) μπορεί να προβλεφθούν οι αγωγοί που θα αποτύχουν στο άμεσο μέλλον.

✚ Η επιτυχημένη εφαρμογή της μεθόδου DAC στα δίκτυα της ΒΘ και του ΚΜ οφείλεται στην διαθεσιμότητα των δεδομένων και στην αρτιότητα και αξιοπιστία τους. Για να είναι δυνατή η εφαρμογή της σε δίκτυα μεταφοράς άλλων ρευστών και συγκεκριμένα νερού, είναι απαραίτητος ο εξοπλισμός των ΔΕΥΑ με όλες τις τεχνολογικές εξελίξεις (π.χ. σύστημα GIS, SCADA, σταθμούς τηλεμετρίας κ.α.) για την

παρακολούθηση των δικτύων τους. Είναι επίσης απαραίτητη η επιμελής καταγραφή και απεικόνιση αυτών των δικτύων (τόσο των αγωγών όσο και των υπόλοιπων συσκευών).

🗨 Από την εφαρμογή της μεθόδου DAC στο δίκτυο ύδρευσης της Λάρισας επιβεβαιώθηκε ότι ο μεγαλύτερος αριθμός χαρακτηριστικών δίνει καλύτερα αποτελέσματα διαχωρισμού. Χρησιμοποιήθηκαν τόσο πραγματικά όσο και πλασματικά δεδομένα και παράμετροι των αγωγών για την καλύτερη χρήση της μεθόδου. Το κρίσιμο στοιχείο για την πλήρη εφαρμογή της μεθόδου και την πρόβλεψη των αποτυχιών στο μέλλον είναι η μορφή των δεδομένων όπως προαναφέρθηκε.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕΡΟΥΣ Δ**

1. Armitage P., McPherson C.K. & Copas J.C. 1969. "Statistical studies of prognosis in advanced breast cancer" *Journal of Chronic Diseases*, **22**, 343-360.
2. Bakouros Y. 1988. *Offshore Pipeline Prediction*. PhD Thesis, University of Bradford.
3. Betts J. 1984. *The identification of companies at risk of financial failure*. University of Bradford, Postgraduate school of studies in Industrial Technology. PhD thesis.
4. Box GEP. 1949. "A general distribution theory for a class of likelihood criteria" *Biometrika* **36**, 317-346.
5. Bulbrook R.D., Hayward J.L. & Thomas B.S. 1964. "The relation between the urinary 17-hydroxycorticosteroids and U-deoxy-17-oxosteroids and the fate of patients after mastectomy". *Lancet*, 945-947.
6. Cannon A.J. & Lewis R.C. 1985. "The reliability of pipe systems operating in the British sector of the North Sea". Paper 4A/R. *Reliability Conference Proceedings N.E.C.*
7. Clark, R.M., Goodrich J.A., 1989. "Developing a Data Base on Infrastructure Needs". *Journal of the American Water Works Association (AWWA)* **81** (7), pp.81-87
8. Cox D.R. & Brandwood L. 1959 "On a discriminatory problem connected with the works of Plato". *Journal of the Royal Statistical Society. Series B.* **21**, 195-200.
9. Cronbach L.J. & Gleser G.C. 1952. *Similarity between persons and related problems of profile analysis*. Urbana: University of Illinois, Bureau of Research and Service, College of Education.
10. De la Mare R.F. & Anderson O. 1980. *Pipeline reliability*. Det Norske Veritas, Report No. 80-0572.
11. Eisenbeis, P., Le Gauffre P., and Saegrov S. 2000. «Water Infrastructure Management: An Overview of European Models and Databases». *AWWARF Infrastructure Conference and Exhibition*, Proceedings, Baltimore, Maryland.
12. Fisher R. 1936. "The use of multiple measurements in taxonomic problems". *Annals of Eugenics* **7**, 179-198.
13. Goulter I., Davidson J., and Jacobs P. 1993. "Predicting water-main breakage rates". *Journal of Water Resources Planning and Management*, **119** (4), pp.419-436
14. Goulter I. and Kazemi A. 1988. "Spatial and temporal groupings of water main pipe breakage in Winnipeg". *Journal of Transport Engineering Div. A.S.C.E.*, **115** (2), pp. 95-111.
15. Kanakoudis V. & Tolikas D. 2001. "The role of leaks and breaks in water networks – Technical and economical solutions". *J. WSRT- AQUA, IWA*. **50**(5), 301-311.
16. Klecka W.R. 1973. "The clientele of Australian Parties. New perspectives through discriminant analysis". *Politics*, **7**, 301-308.
17. Krwanowski W.J. 1977. "The performance of Fisher's linear discriminant function under non-optimal conditions". *Technometrics* **19**(2), 191-200.
18. Lachenbruch P.A. 1975. *Discriminant Analysis*. Hafner, New York.
19. Levine M.S. 1977 "Canonical Analysis and Factor Comparison". *Sage University Paper series on Quantitative Applications in the Social Sciences*. 07-06. Beverly Hills-London: Sage Publications.
20. Mahalanobis P.C. 1936. "On the generalized distance in statistics". *Proceedings of the National Institute of Science of India*, **12**, 49-55.
21. Mardia K.V., Kent, J.T. & Bibby, J.M. 1979. *Multivariate Analysis*. Academic Press.

22. Sayles R.S. 1980. "The use of discriminant functions & factors analysis techniques in reliability assessment & data classification". 6<sup>th</sup> *Adv. in Reliability Technology Symposium*, Bradford Univ.
23. Stourm A. 1997. *Optimization of reliability prediction using joint variables*. Thesis, Univ. of Thessaly, Greece.
24. Sundahl, Ann Christin. 1996. *Diagnosis of Water pipe conditions*, Lund University, Department of Water Resources Engineering, Lund, Sweden, ISSN 1101-9824.
25. Tatsuoka M. & Tieteman D, 1954. "Discriminant Analysis". *Review of Education Res.*, **24**, 402-420
26. Tatsuoka M., 1971. *Multivariate analysis*. John Wiley. New York.
27. Tsitsifli S. Kanakoudis V. & Bakouros Y. 2006. "Reliability assessment using the DAC method". *Proceedings of the International Conference HIC2006, IAHR/IAHS/IWA*, September 4-8, Nice; 2757-2764.
28. US Army Corps of Engineers, 1980. *NY District, NY City Water Supply Infrastructure Study*.
29. U.S. Environmental Protection Agency, 2006. *Decision-Support Tools for Predicting the Performance of Water Distribution and Wastewater Collection Systems*, Vol. EPA/600/R-02/029. Washington, D.C., USA. US EPA
30. Κανακούδης Β., 1998. "Ο ρόλος των έκτακτων περιστατικών στην διαμόρφωση κριτηρίων προληπτικής συντήρησης και αντικατάστασης των αγωγών στα δίκτυα ύδρευσης". Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
31. Ψωϊνός Δ.Π. 1992. *Εφαρμοσμένη Στατιστική*. Εκδόσεις Ζήτη.





# **ΕΝΟΤΗΤΑ Ε:**

**«Νέες πρακτικές στη διαχείριση του πόσιμου νερού και προσδιορισμός της αξίας και της τιμής του»**



## Κεφάλαιο Ε-1: Κοστολόγηση του αστικού νερού

### Ε-1.1 Γενικές αρχές

Από την ανάλυση της ενότητας Α σχετικά με την Ευρωπαϊκή Οδηγία Πλαίσιο για τα νερά (WFD 2000/60/EC) είναι γνωστό ότι η Οδηγία συνιστά τον υπολογισμό του πλήρους κόστους του νερού ως συνάρτηση της ποιοτικής και ποσοτικής υποβάθμισης του υδατικού πόρου προέλευσης. Το κόστος των υπηρεσιών παροχής νερού (που λογίζεται ως περιβαλλοντικό αγαθό) περιλαμβάνει τα κόστη που απαιτούνται για να διατεθεί προς χρήση, αυτά που ο χρήστης πρέπει να πληρώσει λόγω της επακόλουθης μείωσης των ευκαιριών εναλλακτικής χρήσης του νερού, και τα κόστη για τη διατήρηση και βελτίωση της ποιότητας και της ποσότητάς του σε επίπεδα συμβατά με την έννοια της περιβαλλοντικής αειφορίας.

Οι τρεις συνιστώσες του πλήρους κόστους του νερού είναι το άμεσο κόστος (ΑΚ), το περιβαλλοντικό κόστος (ΠΚ) και το κόστος φυσικού πόρου (ΚΦΠ). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον προκύπτει από το γεγονός ότι οι τρεις αυτές συνιστώσες αλληλοεπηρεάζονται. Οι συνιστώσες του πλήρους κόστους είναι δυναμικά μεγέθη με διαφορετικά χαρακτηριστικά ανά εποχή, γεωγραφική περιοχή, πυκνότητα πληθυσμού, οικονομική δραστηριότητα κ.ά.. Απαιτείται η κατανόηση των μηχανισμών γένεσής τους ώστε με ακρίβεια να οριστεί ποιος παράγοντας και σε τι βαθμό φέρει την ευθύνη επίτευξης των στόχων της WFD. Ειδικότερα η σύσταση της Οδηγίας προς τα Κράτη Μέλη να διαμορφώσουν ως το 2010 κατάλληλες πολιτικές τιμολόγησης λαμβάνοντας υπόψη την πλήρη κοστολόγηση του νερού, προκάλεσε και στις δημόσιες εταιρείες ύδρευσης (όπως είναι οι Δ.Ε.Υ.Α. στην Ελλάδα) συζήτηση σχετικά με την τιμολόγηση των υπηρεσιών παροχής νερού. Αν και η αρχή της κατανομής του κόστους στους χρήστες βάσει της ποσότητας νερού που καταναλώνουν ή/και της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που προκαλούν στον υδατικό πόρο θέτει κατευθυντήριες γραμμές, χρειάζεται περαιτέρω έρευνα με εστίαση σε κοινωνικά, οικονομικά και αναπτυξιακά ζητήματα καθώς η συνεχής παροχή πόσιμου νερού σε ανεκτές τιμές για τα φτωχά στρώματα κρίνεται απαραίτητη, διασφαλίζοντας τον χαρακτήρα του κοινωνικού και όχι εμπορικού προϊόντος με την προϋπόθεση της συντηρητικής ζήτησης.

### Ε-1.2 Ανάκτηση του πλήρους κόστους του νερού

Η WFD ορίζει ότι τα αποτελέσματα της ανάκτησης του κόστους απαιτείται να είναι σε κλίμακα λεκάνης απορροής ποταμού για κάθε κατηγορία υπηρεσιών νερού. Οι πληροφορίες διατίθενται σήμερα συνήθως σε διαφορετικές κλίμακες, αφού τα οικονομικά κόστη και τα έσοδα συλλέγονται κατά κανόνα για περιοχές που δραστηριοποιούνται οι εταιρείες ύδρευσης, και που δεν συμπίπτουν αναγκαστικά με τα όρια της λεκάνης απορροής ποταμού. Επίσης μπορεί στην ίδια λεκάνη απορροής να δραστηριοποιούνται αρκετές εταιρείες ύδρευσης. Για την αξιολόγηση του ΠΚ, είναι σημαντικό να προσδιορίζεται η κλίμακα στην οποία λαμβάνουν χώρα οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις (WWF, 2006). Επομένως πρέπει να συνυπολογιστεί η συμμετοχή κάθε εταιρείας ύδρευσης ως ποσοστό στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος και στην εξάντληση των φυσικών αποθεμάτων στο σύνολο της λεκάνης απορροής ποταμού.

### **E-1.3 Άμεσο Κόστος (ΑΚ)**

Το ΑΚ περιλαμβάνει όλα εκείνα τα έξοδα που πραγματοποιεί η εταιρεία ύδρευσης για την παροχή πόσιμου νερού στους καταναλωτές της. Τέτοια έξοδα είναι τα κόστη λειτουργίας και συντήρησης των υδραυλικών έργων στους υδατικούς πόρους, των δικτύων μεταφοράς και διανομής νερού, των λοιπών υποδομών ύδρευσης, τα λειτουργικά κόστη και οι επενδύσεις της εταιρείας ύδρευσης. Κρίσιμες θεωρούνται η οργανωτική δομή της εταιρίας, η εκπαίδευση και παραγωγικότητα του προσωπικού της και η κατάσταση του δικτύου. Ειδικότερα περιλαμβάνει (Κανακούδης & Γκονέλας 2009a, b):

- το Κόστος Κεφαλαίου (Annual Equivalent Capital Costs – AEC), που περιλαμβάνει το κόστος των νέων υποδομών και τις αποσβέσεις των υφιστάμενων.

- το Κόστος Λειτουργίας και Συντήρησης (Operating & Maintenance Costs – OMC), που περιλαμβάνει μεταξύ άλλων τις αμοιβές του προσωπικού, το κόστος ενέργειας, το κόστος των χημικών κατά τον καθαρισμό του νερού στα δυλιστήρια πριν τη διάθεσή του στην κατανάλωση, το κόστος των υλικών επισκευής, τις αμοιβές και τα έξοδα τρίτων.

- το Κόστος Διοικητικής Λειτουργίας (Administrative & Other Costs – AOC), που περιλαμβάνει τα έξοδα που σχετίζονται με τη διαχείριση των υδατικών πόρων.

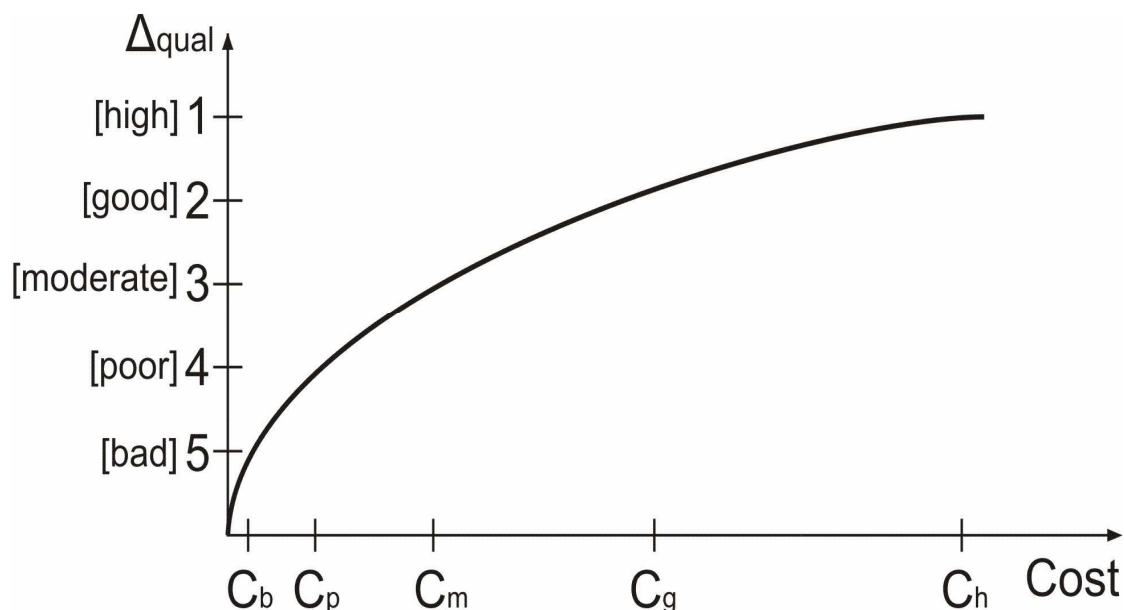
Η επέκταση της τροφοδοτικής ικανότητας των υδραυλικών έργων είναι μια κρίσιμη πτυχή σχεδιασμού για τις εταιρείες ύδρευσης, αφού η επιλογή του είδους, της χρονικής στιγμής κατασκευής και του μεγέθους των νέων εγκαταστάσεων επηρεάζουν το ΑΚ. Ειδικά όταν κρίνεται πιο αποτελεσματικό για τα νέα έργα υδροδότησης να είναι μεγαλύτερης κλίμακας από την αναγκαία για την κάλυψη της τρέχουσας ζήτησης. Αυτό που συμβαίνει είναι να υπάρχει πλεονάζουσα τροφοδοτική ικανότητα για την ικανοποίηση της αυξημένης ζήτησης, που όμως τελικά καταναλώνεται νωρίτερα λόγω της ψευδαίσθησης της αφθονίας με αποτέλεσμα ο σχεδιασμός του επόμενου έργου να ξεκινά επίσης νωρίτερα (Κανακούδης, 1998). Η πρακτική αυτή αντίκειται στην βασική οικονομική αρχή που θεωρεί ως βέλτιστο, από πλευράς είδους, μεγέθους και χρονοδιαγράμματος, το έργο που μεγιστοποιεί τη καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης. Το κριτήριο αυτό είναι πιο αυστηρό από την απλή ισοσκελίση κόστους-οφέλους της επένδυσης, επιδίωξη που συνεπάγεται ότι δεν είναι ορθολογικό να αυξηθεί η δυνατότητα τροφοδοσίας για την μετέπειτα ικανοποίηση της ζήτησης. Συχνά είναι οικονομικά πιο αποδοτικό να μην υλοποιούνται νέα έργα όταν είναι μικρή η επιπλέον ζήτηση. Η πρόωρη κατασκευή είναι πιο δαπανηρή, λόγω δέσμευσης κεφαλαίου για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και πρόσθετου κόστους απόσβεσης. Με την υλοποίηση μεγάλων νέων έργων υπάρχουν περίοδοι που η δυνατότητα των έργων ύδρευσης είναι μικρότερη από τη ζήτηση νερού. Κατά τη διάρκεια αυτών των περιόδων, υπάρχει ένα μη λογιστικό κόστος ευκαιρίας που πρέπει να ληφθεί υπόψη: το κόστος οριακής ικανότητας (ΚΟΙ) (Griffin, 2001).

### **E-1.4 Περιβαλλοντικό Κόστος (ΠΚ)**

Το ΠΚ εκφράζει τις ζημιές λόγω κατασκευής υποδομών και αύξησης της χρήσης νερού. Αυτές προκαλούνται άμεσα στο περιβάλλον και έμμεσα στους χρήστες. Επίσης περιλαμβάνει το κόστος επαναφοράς της ποιότητας του χρησιμοποιημένου νερού

(τουλάχιστον) στην αρχική του κατάσταση (στον υδατικό πόρο). Σήμερα οι πρακτικές ανάκτησης του ΠΚ εξαντλούνται στην επιβολή περιβαλλοντικών φόρων και επιβαρύνσεων (π.χ. τέλη αποχέτευσης, χρεώσεις υδροληψίας), που δεν οδηγούν σε ασφαλείς εκτιμήσεις επειδή ο ρόλος των πολιτικών στον καθορισμό του επιπέδου των χρεώσεων είναι καταλυτικός, με αποτέλεσμα το τελικό επίπεδο χρέωσης που προκύπτει να υπολείπεται του πραγματικού κόστους. Βασική αρχή της WFD 2000/60/EC είναι ότι η περιβαλλοντική ζημιά ισούται με το κόστος που απαιτείται για να επανέλθει το περιβάλλον στην αρχική του κατάσταση. Η προσέγγιση αυτή βασίζεται στην παραδοχή ότι η αξία των περιβαλλοντικών αγαθών έχει ως χαμηλότερη τιμή τις δαπάνες που απαιτούνται για την προστασία τους. Ωστόσο, από οικονομική άποψη, αυτή η προσέγγιση φαίνεται ασυνεπής σε πρώτη φάση, καθώς εμπλέκει τις δύο όψεις της ανάλυσης κόστους-οφέλους. Είναι σημαντικό να σημειωθεί η ανισότητα: δεν υποστηρίχτηκε ότι το κόστος των περιβαλλοντικών ζημιών είναι ίσο με το κόστος των μέτρων περιβαλλοντικής προστασίας, αλλά τουλάχιστον τόσο μεγάλο όσο το κόστος επαναφοράς του περιβάλλοντος στην αρχική καλή κατάσταση. Η υπόθεση αυτή είναι συνεπής με τις παραδοχές της οικονομίας περιβάλλοντος: σε μια υπο-βέλτιστη κατάσταση, το κόστος προστασίας (ή μείωσης ρύπανσης) είναι χαμηλότερο από το κόστος ζημιών (ή το όφελος από τη μείωσή τους). Το βέλτιστο αποτέλεσμα προκύπτει όταν τα δύο κόστη είναι ίσα. Στο σημείο αυτό επισημαίνονται δύο επιπλέον στοιχεία που πρέπει να συνεκτιμηθούν κατά τον υπολογισμό του ΠΚ. Η ταξινόμηση της WFD 2000/60/EC για τα νερά με βάση την ποιότητα τους περιλαμβάνει πέντε κατηγορίες: υψηλή, καλή, μέτρια, φτωχή και κακή. Σημειώνεται ότι το κόστος που απαιτείται για την «αναβάθμιση» ενός υδατικού πόρου, αυξάνει εκθετικά (σχήμα E-1.1), όσο αυξάνουν τα ποιοτικά standards (Κανακούδης & Γκονέλας, 2009a). Ο γενικός στόχος είναι η επίτευξη καλής κατάστασης των επιφανειακών νερών ως το 2015, που αναλύεται σε δύο συνιστώσες, την οικολογική και τη χημική. Όταν επικρατούν συνθήκες που ικανοποιούν τις προδιαγραφές της καλής κατάστασης των νερών, ευημερούν οικονομικά και άλλες δραστηριότητες, που εξαρτώνται άμεσα από την ποιότητα των νερών. Πρέπει λοιπόν να αποτιμηθούν αυτά τα μεγέθη και να ενσωματωθούν στο ΠΚ. Επιπλέον, επειδή το ΠΚ είναι δυναμικό μέγεθος και όχι στατικό, εφόσον υπάρξει πλήρης προσδιορισμός του και κατόπιν πλήρης ανάκτησή του μέσω επιπλέον χρεώσεων, θα τείνει να μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Επειδή η μείωση του ΠΚ συνεπάγεται καλύτερη ποιότητα νερού, και άρα μείωση του ΑΚ, λόγω λιγότερης χημικής επεξεργασίας που απαιτείται για τη βελτίωση της ποιότητάς του νερού πριν τη χρήση του, το ΑΚ, θα μειώνεται επίσης. Το αποτέλεσμα αυτό θεωρείται άμεσο κέρδος, που πρέπει να αποτιμηθεί και να ενσωματωθεί στο ΠΚ.

Όσον αφορά στις πιθανές μεθόδους προσδιορισμού του ΠΚ, έχουν διατυπωθεί επιφυλάξεις για την σκοπιμότητα υιοθέτησης ήδη εφαρμοσμένων στο παρελθόν μεθόδων (CIS WG 2 B, 2004). Ενστάσεις υπάρχουν όμως και για την αξιοποίηση σε μία μελέτη αποτίμησης για μία περιοχή, οικονομικών πληροφοριών για το κόστος περιβαλλοντικών ζημιών από μελέτες που διεξήχθησαν σε άλλες περιοχές (Pielen & Interwies 2005, Gorlach & Interwies 2005). Είναι χρήσιμο κάθε περίπτωση να θεωρείται μοναδική και έτσι να αντιμετωπίζεται.



**Σχήμα Ε-1.1.** Τάση μεταβολής του κόστους αναβάθμισης του υδατικού πόρου (Κανακούδης & Γκονέλας 2009a)

Ένα άλλο σημείο τριβής μεταξύ των ερευνητών αφορά στο ποιο μέγεθος αποτελεί την καλύτερη προσέγγιση του πραγματικού μεγέθους του ΠΚ. Υπάρχουν δύο εναλλακτικές: το κόστος περιβαλλοντικής αποκατάστασης (ΚΠΑ) και το κόστος αποφυγής περιβαλλοντικής ζημίας (ΚΑΠΖ). Υπάρχει η άποψη (Κανακούδης & Γκονέλας 2009a) ότι και τα δύο αυτά μεγέθη μπορούν να εκφράσουν το ΠΚ, με κριτήριο επιλογής το χρονικό σημείο προσδιορισμού του ΠΚ. Σε μία ex-ante αξιολόγηση, το ΚΑΠΖ είναι η ενδεικνυόμενη επιλογή, αφού συνήθως το κόστος πρόληψης είναι μικρότερο από το κόστος αποκατάστασης στη φύση (ίσως τελικά για αυτό η επιλογή του ΚΑΠΖ να είναι συνολικά η καλύτερη). Από την άλλη πλευρά σε μία ex-post ή ακόμα και on-going αξιολόγηση το ΚΠΑ φαίνεται να είναι η ενδεικνυόμενη επιλογή.

Σύμφωνα με τους Κανακούδη & Γκονέλα (2009a, b) η επιλογή της διαδικασίας προσδιορισμού του ΠΚ πρέπει να βασίζεται στην αρχή ότι το κόστος κτήσης των απαραίτητων πληροφοριών και όλης της διαδικασίας πρέπει να αντισταθμίζεται από την πραγματική αξία των πληροφοριών που λαμβάνονται. Η θέση αυτή υποστηρίζεται επίσης από την WFD, που αναφέρεται στην αναλογικότητα του κόστους για τη συλλογή στοιχείων, και υποστηρίζει ότι κατά τη συλλογή πληροφοριών για την οικονομική ανάλυση και για την επιλογή του ποσού και το επίπεδου λεπτομέρειας των πληροφοριών αυτών, τα κράτη μέλη πρέπει να λάβουν υπόψη το κόστος που συνδέεται με τη συλλογή των σχετικών στοιχείων. Για αυτό το λόγο μία μελέτη Κόστους / Οφέλους πρέπει να προηγείται πριν την επιλογή της όποιας εναλλακτικής λύσης.

Επανερχόμενοι πάλι στην WFD, ορίζεται ότι ο προσδιορισμός του βαθμού ανάκτησης του κόστους πρέπει να παρέχει πληροφορίες σχετικά με το βαθμό στον οποίο η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» (Pollutant Pays Principle-PPP) ικανοποιείται. Έχοντας εκτιμήσει το βαθμό που τα κόστη υπηρεσιών νερού, του ΠΚ συμπεριλαμβανομένου, καλύπτονται, το ερώτημα είναι αν το κόστος πράγματι καλύπτεται από τους χρήστες που το προκαλούν ή, αν συνεισφέρουν επαρκώς στην ανάκτησή του. Ένα ζήτημα που μένει να αντιμετωπιστεί κατά

την εφαρμογή της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει» είναι η ρύπανση των υπόγειων νερών από τη γεωργία, που σήμερα αποτελεί την κύρια πίεση παγκοσμίως (WWF, 2006). Φλέγον θέμα αποτελεί η επακόλουθη ανάληψη του κόστους που της αναλογεί. Ενώ η γεωργία δεν είναι χρήστης πόσιμου νερού, με τη χρήση φυτοφαρμάκων και νιτρικών, αυξάνει σημαντικά τα κόστη για τις υπηρεσίες παροχής του. Τα κόστη αυτά πρέπει να προσδιοριστούν και να αποδοθούν ανάλογα. Η μόλυνση που προκαλεί ο γεωργικός τομέας, χαρακτηρίζεται από συλλογικότητα όσον αφορά στη συμμετοχή του στο σύστημα. Τέλος, μέρος του ΠΚ οφείλεται σε ατομικές δραστηριότητες (ιδιωτικές γεωτρήσεις και μονάδες επεξεργασίας λυμάτων), οπότε απαιτείται μία SWOT (Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threats) ανάλυση για κάθε δραστηριότητα σε σχέση με την δυνατότητα αποφυγής αύξησης του ΠΚ, βασιζόμενη στην αρχή της διατήρησης του κόστους ίσης ευκαιρίας (Equal Opportunity Cost) για τους χρήστες (Κανακούδης & Γκονέλας 2009a, b).

### **E-1.5 Το Κόστος του Φυσικού Πόρου προέλευσης του νερού (ΚΦΠ)**

Το ΚΦΠ ορίζεται σε περιοχές που πλήττονται από ξηρασία ως τα διαφυγόντα κέρδη που υφίστανται άλλες χρήσεις, όταν ο ρυθμός υδροληψίας υπερβαίνει το ρυθμό ανανέωσης των αποθεμάτων του υδατικού πόρου (Wateco, 2002). Επειδή, σε πολλά κράτη της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης που δεν αντιμετωπίζουν προβλήματα έλλειψης νερού, ο παραπάνω ορισμός δεν βρίσκει ανταπόκριση, εναλλακτικά ορίστηκε ότι το ΚΦΠ προκύπτει όταν το νερό δεν διατίθεται στη βέλτιστη χρήση του, ενώ υπάρχουν άλλες χρήσεις που αποφέρουν μεγαλύτερο κέρδος (CIS WG 2B, 2004). Τότε, το ΚΦΠ εκφράζει τη διαφορά της υπάρχουσας από τη βέλτιστη κατανομή. Στις χώρες με προβλήματα ξηρασίας συνυπάρχουν και οι δύο ορισμοί, και το συνολικό ΚΦΠ προκύπτει και από τις δύο. Ο έλεγχος ανταποδοτικότητας χρήσεων και χρηστών νερού προτείνεται να γίνεται με κριτήριο τη βιωσιμότητα σε επίπεδο χωρο-χρονικής ανάλυσης μεταξύ των χρήσεων, αλλά και εντός της ίδιας χρήσης (time/space inter-, intra- sustainability) (Κανακούδης & Γκονέλας, 2009a). Η διαδικασία είναι συμβατή με τις σύγχρονες προσεγγίσεις περιβαλλοντικής διαχείρισης (βιώσιμη-αξιοβιώτη) (Κανακούδης & Γκονέλας 2009a, b). Η δεύτερη επιδιώκει τη διαχρονική μείωση του κόστους ίσης ευκαιρίας μεταξύ χρηστών ή/και εντός της ίδιας χρήσης και όχι απλά τη διατήρησή του, όπως η πρώτη. Κρίσιμα στοιχεία είναι η ιδιαιτερότητα της τοπικής οικονομίας και το μέγεθος του αγροτικού, βιομηχανικού και τουριστικού τομέα από όπου θα προκύψει η βέλτιστη κατανομή νερού βάσει οικονομικών κριτηρίων. Στη τελική κατανομή πρέπει να συμπεριληφθούν τα κοινωνικά κριτήρια και τα στρατηγικά συμφέροντα της περιοχής.

Όταν ο υπολογισμός του ΚΦΠ βασίζεται σε μοντέλα προσομοίωσης και βελτιστοποίησης, προκύπτουν αποτελέσματα καλής ακρίβειας (CIS WG 2B, 2004). Τα μοντέλα βελτιστοποίησης υπολογίζουν το άνω όριο της οικονομικής αξίας του νερού σε ορισμένο τόπο με το σύστημα να λειτουργεί με οικονομικά βέλτιστο τρόπο. Τα μοντέλα προσομοίωσης βοηθούν τον προσδιορισμό της οικονομικής αξίας που προκύπτει από ένα σύνολο α priori εγκατεστημένων λειτουργιών και κανόνων κατανομής. Οι κανόνες αυτοί ανταποκρίνονται στις προτεραιότητες και στα διαχρονικά δικαιώματα χρήσης, και αναπαράγουν το σημερινό τρόπο λειτουργίας του συστήματος. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης και βελτιστοποίησης δίνει μία εποπτική εικόνα του ΚΦΠ. Η διαφορά της αξίας της οικονομικά βέλτιστης χρήσης με την πραγματική κατανομή του νερού, επιτρέπει να εκτιμηθεί η απόσταση μεταξύ της άριστης διαχείρισης και κάθε άλλου σεναρίου. Το μοντέλο βελτιστοποίησης παρέχει καλύτερη κατανόηση των κανόνων λειτουργίας, βοηθώντας στη βελτίωση των οικονομικών αποτελεσμάτων του συστήματος.

Τα αποτελέσματα έως τώρα δείχνουν (Κανακούδης & Γκονέλας 2009a, b) ότι το κόστος ευκαιρίας των πόρων είναι υψηλότερο σε συνθήκες ανεπάρκειας και χαμηλότερο σε συνθήκες αφθονίας. Το κόστος ευκαιρίας αλλάζει με το χρόνο, εφόσον υπάρχει δυνατότητα αποθήκευσης νερού σε δεξαμενές. Το ΚΦΠ είναι χρονικά μεταβαλλόμενο μέγεθος αφού κάθε φυσικός πόρος έχει διαφορετική υδροδοτική ικανότητα κάθε χρονιά. Μεσοπρόθεσμα τείνει να μειώνεται και ακολουθεί την πορεία του ΠΚ.

### **E-1.6 Ορθολογική κατανομή του κόστους**

Ο κοινωνικά δίκαιος επιμερισμός του κόστους αποτελεί αντικείμενο συνεχούς μελέτης (Κανακούδης & Γκονέλας 2009a, b). Η αναλογική κατανομή του κόστους σε αυτούς που τα προκαλούν είναι μία αποδοτικότερη και κοινωνικά δίκαιη πράξη. Ο πολιτικός ορισμός του περί δικαίου αισθήματος, λαμβάνει υπόψη τη δικαιοσύνη, την αμεροληψία και την προσβασιμότητα στο νερό. Επειδή το νερό είναι απαιτούμενο συστατικό της ζωής, κάθε άνθρωπος πρέπει να έχει πρόσβαση σε μια ποιοτικά αξιόπιστη και οικονομικά προσιτή ποσότητα νερού. Τα κριτήρια του προσιτού κόστους δεν υποσκάπτουν την αποτελεσματικότητα και τη βιωσιμότητα των κριτηρίων της πλήρους ανάκτησής του. Η αποδοτικότητα είναι αναγκαία, αλλά δεν είναι επαρκές κριτήριο αειφορίας (Klawitter, 2003). Η έννοια της βιωσιμότητας εγείρει το θέμα των επιδοτήσεων, συχνά της μόνης δυνατότητας να είναι το νερό προσιτό στους οικονομικά αδύνατους χρήστες.

Τα μέρη που εμπλέκονται στην ανάκτηση του κόστους του νερού είναι οι οικιακοί χρήστες, η βιομηχανία, η γεωργία, οι εταιρίες ύδρευσης και το κράτος. Κάθε φορέας έχει τις δικές του ανάγκες και ευαισθησίες σχετικά με την ορθή κατανομή του κόστους του νερού. Οι καταναλωτές είναι η πιο ευάλωτη ομάδα. Η κλιμάκωση τιμών πρέπει να είναι κοινωνικά δίκαιη από τους φτωχότερους προς τους πιο πλούσιους χρήστες. Η κατανομή του κόστους με βάση την ποσότητα επιτρέπει διακρίσεις εφόσον οι ποσότητες διαφέρουν σημαντικά. Διαφορετικά είδη χρήσης και χρηστών δημιουργούν διαφορετικά είδη κόστους. Στην αποδοτική κατανομή του κόστους, ένα μεγάλο τμήμα του κόστους βαρύνει τους μεγάλους χρήστες που είναι υπεύθυνοι για τα κόστη που σχετίζονται με την αιχμή ζήτησης, συνυπολογίζοντας την εποχιακή χρήση και άλλους πιθανούς δείκτες. Η ορθολογική κατανομή του κόστους και η παρελκόμενη τιμολόγηση ως εργαλείο προώθησης αποδοτικής χρήσης έχει περιορισμούς. Για τα φτωχά νοικοκυριά, η χρήση νερού είναι λιγότερο δεκτική σε αλλαγές τιμής, παρότι για κάποιες χρήσεις η ζήτηση μπορεί να περιοριστεί επιλεκτικά. Αν και η αναπόφευκτη αύξηση τιμών θεωρείται αποτελεσματικό μέτρο, μπορεί να προκαλέσει ασφυξία των χρηστών και αύξηση των κοινωνικών ανισοτήτων όταν οι ποσότητες που καταναλώνονται είναι περιορισμένες.

Ο ρόλος του κράτους είναι πολυεπίπεδος. Οφείλει να στηρίξει τα χαμηλότερα εισοδήματα και άλλες ευπαθείς ομάδες παρέχοντας επιδοτήσεις για μια ορισμένη ελάχιστη ποσότητα κεφαλήν κατανάλωσης (έτσι λαμβάνεται πρόνοια για τους πολύτεκνους που καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες νερού). Στη συνέχεια πρέπει να οριστεί ένα ανώτατο όριο κατανάλωσης, υπέρβαση του οποίου θα θεωρείται πολυτέλεια και θα τιμολογείται αναλόγως. Επιδοτήσεις πρέπει να δοθούν σε όλα τα νοικοκυριά χρήστες για την αντικατάσταση των συμβατικών οικιακών συσκευών με αποδοτικότερες, που εξοικονομούν νερό. Το κόστος αντικατάστασης προτείνεται να το αναλάβουν από κοινού οι εταιρίες ύδρευσης και οι χρήστες. Οι εταιρίες ύδρευσης οφείλουν να καλύψουν ένα μέρος του κόστους, αφού μεσομακροπρόθεσμα θα ωφεληθούν από τη μείωση της ζήτησης, αναβάλλοντας νέες επενδύσεις



για την κατασκευή νέων έργων στην αναζήτηση τρόπων κάλυψης των υδατικών αναγκών των καταναλωτών. Σχετικά με τις επιδοτήσεις αυτές καταβάλλονται ως εσωτερικές μεταξύ διαφόρων χρηστών/ χρήσεων ή ως εξωτερικές κατευθείαν στις εταιρίες παροχής (ως οικονομική ενίσχυση από την κυβέρνηση) ή ως συνδρομή στους χρήστες από κυβερνητικές ή φιλανθρωπικές οργανώσεις. Οι πλέον κοινές επιδοτήσεις μεταξύ διαφορετικών χρήσεων περιλαμβάνουν τις πληρωμές από τους οικονομικά εύρωστους πελάτες στη φτώχη, αγροτική ή αστική τάξη. Κύριος στόχος των επιδοτήσεων είναι να καταστεί η κρίσιμη ποσότητα νερού για την καθημερινή ζωή προσιτή ακόμη και στους πιο φτωχούς, λαμβάνοντας υπόψη ότι το μέσο άτομο χρειάζεται 50 lt/ημέρα (5lt πόσιμο, 10lt μαγείρεμα, 15lt πλύσιμο, 20lt τουαλέτα) (Gleick, 2000), και ότι οι δαπάνες για νερό δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 2% του εισοδήματος (AWWA, 2000)

Έχει διατυπωθεί η άποψη (Κανακούδης και Γκονέλας, 2009a) το Κράτος να θεσπίσει συγκεκριμένη αναλυτική διαδικασία όπου κάθε σπίτι θα λαμβάνει Πιστοποιητικό Αποδοτικής Χρήσης Νερού, ανάλογα με το επίπεδο εξοικονόμησης νερού. Κάτι αντίστοιχο ισχύει με το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης (οδηγία 2002/91/EC), όπου μετά από αυτοψία δίδεται πιστοποιητικό που αναφέρει το βαθμό ενεργειακής απόδοσης του ακινήτου. Έχουν δε προσδιορισθεί και συγκεκριμένα επίπεδα ενεργειακής απόδοσης (Α, Β, Γ). Το αποτέλεσμα είναι να μειωθεί η τιμή των ακινήτων με χαμηλό βαθμό απόδοσης και να οδηγηθούν οι ιδιοκτήτες στην επισκευή/ ανακαίνιση τους. Με αυτό τον τρόπο θα μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας. Κατ' αντιστοιχία για τη χρήση νερού, θα χωριστούν οι κατοικίες σε κατηγορίες με βάση το βαθμό εξοικονόμησής του. Το μέτρο θα λειτουργήσει καθοριστικά στις νέες ιδιοκτησίες με πιστοποιητικό κατηγορίας Α, που θα καταστούν ελκυστικές προς πώληση, γεγονός που θα παρασύρει όλη την αγορά. Η πιστοποίηση θα πρέπει να επεκταθεί και στους αγωγούς σύνδεσης με το δίκτυο που είναι μέσα στα όρια της ιδιοκτησίας. Με αυτό τον τρόπο θα περιοριστούν οι απώλειες νερού στους αγωγούς στους οποίους δεν έχουν πρόσβαση οι εταιρίες ύδρευσης.

Ο ρόλος των εταιριών παροχής νερού είναι καθοριστικός. Η γνώση του επιπέδου και των διακυμάνσεων χρήσης νερού (ημερήσια, εποχική), καθώς και των αιτιών καθυστερήσεων πληρωμής λογαριασμών, είναι χρήσιμα εργαλεία για την ορθολογική κατανομή του κόστους του νερού (και άρα και της τιμολόγησής του) που θα βοηθήσουν στον καθορισμό των πληθυσμιακών ομάδων που θα έχουν επιδοτούμενη χρήση. Λόγω της αύξησης του κόστους του νερού, οι εταιρίες πρέπει να αναθεωρήσουν τη στάση τους απέναντι στις ποσότητες που χάνονται στο δίκτυο λόγω διαρροών και θραύσεων, που επειδή θα κοστίζουν πολύ περισσότερο, δεν θα μπορούν να παραβλεφθούν

Οι βιομηχανίες, πρέπει να αναλάβουν πλήρως και το κομμάτι του ΠΚ που τους αναλογεί, όπως συμβαίνει και με την ατμοσφαιρική ρύπανση. Οι κρατικοί μηχανισμοί πρέπει να επαγρυπνήσουν ώστε να μην μετακυλιστεί η αύξηση του κόστους στους καταναλωτές. Τα τιμολόγια βιομηχανικής χρήσης νερού πρέπει να περιέχουν υδατικά περιβαλλοντικά τέλη, το επίπεδο των οποίων δεν θα παραμένει σταθερό αλλά θα καθορίζεται σε συνάρτηση με το ποσοστό συμμόρφωσής τους στη διαχείριση του νερού.

Τέλος, η γεωργία, παρά το γεγονός ότι δεν επηρεάζει το σύστημα μεταφοράς και διανομής πόσιμου νερού, επηρεάζει το πλήρες κόστος του λόγω μόλυνσης των υπόγειων νερών (επίδραση στο μέγεθος του ΠΚ) ή χρήσης ανεξέλεγκτων γεωτρήσεων (επίδραση στο μέγεθος του ΚΦΠ). Ενδεχόμενη ανάληψη από τον αγροτικό τομέα αυτού του κόστους θα οδηγήσει στην αύξηση των τιμών των αγροτικών προϊόντων. Οι κρατικοί μηχανισμοί πρέπει

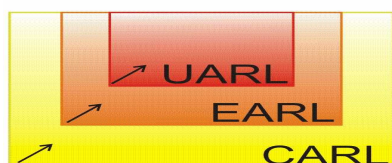
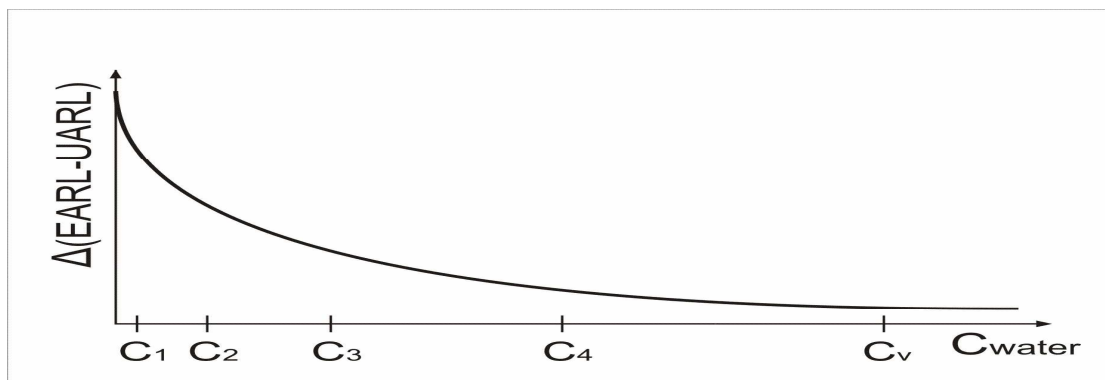
να επαγρυπνήσουν ώστε να μην μετακυλιστεί η αύξηση του κόστους στους καταναλωτές. Η επιδίωξη της ανάκτησης του πλήρους κόστους του νερού θα αναγκάσει το κράτος να καθορίσει με πιο ορθολογικό τρόπο τα είδη των καλλιεργειών που θα προωθεί, αφού οι υδροβόρες καλλιέργειες είτε θα εκτοπιστούν είτε θα καταστούν ασύμφορες. Θα πρέπει λοιπόν να δημιουργήσει κίνητρα στηρίζοντας τους αγρότες στην προσπάθειά τους να αλλάξουν τα είδη που καλλιεργούν, αλλά και τους τρόπους που αρδεύουν.

### **E-1.7 Κατανομή του πλήρους κόστους των απωλειών νερού**

Όπως έχει λεπτομερώς αναφερθεί οι απώλειες νερού που λαμβάνουν χώρα σε ένα δίκτυο διακρίνονται σε όσες οφείλονται: α) σε διαρροές και θραύσεις στους αγωγούς και στις συσκευές του δικτύου, β) σε διαρροές στον αγωγό σύνδεσης του καταναλωτή πριν τον υδρομετρητή, γ) σε διαρροές μετά τον υδρομετρητή και καταγράφονται και δ) σε διαρροές μετά τον υδρομετρητή και δεν καταγράφονται λόγω του ότι βρίσκονται κάτω από το όριο ευαισθησίας του υδρομετρητή. Το άθροισμα των απωλειών (α+β), ορίζει το επίπεδο των Υφιστάμενων Πραγματικών Απωλειών (Current Annual Real Losses-CARL) (σχήματα B-2.1 και B-3.2). Η εταιρεία ύδρευσης έχει δυνατότητα επέμβασης μόνο στις απώλειες νερού της κατηγορίας (α), που αποτελούν μεγάλο μέρος του CARL και πρέπει να θεωρούνται «ανταγωνιστική χρήση» ή «λανθασμένη κατανομή» με «χρήση» το δίκτυο ύδρευσης, άρα την εταιρεία ύδρευσης. Η «χρήση» αυτή ενώ καταναλώνει μεγάλες ποσότητες νερού χωρίς να έχει κανένα ανταποδοτικό όφελος δεσμεύει επιπλέον κεφάλαια και προσωπικό του παροχέα κατά τη διαδικασία υδροληψίας από τον υδατικό πόρο, μεταφοράς, καθαρισμού πριν τη χρήση και διανομής.

Είναι επίσης γνωστό ότι οι CARL δεν εξαλείφονται αλλά μπορούν θεωρητικά να φθάσουν στο κατώτατο όριό τους που είναι οι Αναπόφευκτες Πραγματικές Απώλειες Νερού (Unavoidable Annual Real Losses-UARL). Ο τύπος που υπολογίζει τις UARL είναι ο τύπος (4.1) που αναλύθηκε στο κεφάλαιο B-4.4. Καθώς το δίκτυο μεγαλώνει, υπάρχει μία τάση ανόδου των CARL μέσω νέων διαρροών και θραύσεων, μερικές από τις οποίες δε θα αναφερθούν ποτέ. Αν και οι CARL δεν εξαλείφονται, μπορούν με την εφαρμογή μεμονωμένα ή συνδυαστικά κατάλληλων δράσεων (διαχείριση αγωγών/συσκευών, διαχείριση πίεσης λειτουργίας, ταχύτητα και ποιότητα επισκευών και ενεργός έλεγχος διαρροών) να μειωθούν στα επίπεδα των Οικονομικά Ασύμφορων να Ανακτηθούν Πραγματικών Απωλειών (Economic Annual Real Losses – EARL) (σχήμα B-4.3).

Οι EARL είναι τελικά το πραγματικό ανώτατο όριο των αναπόφευκτων απωλειών και το σημείο όπου τα απαιτούμενα κεφάλαια για την περαιτέρω μείωση των απωλειών νερού στοιχίζουν περισσότερο από το κόστος της κατάστασης σήμερα. Πρέπει να σημειωθεί ότι όσο μικραίνει η απόσταση EARL-UARL τόσο αυξάνεται το μοναδιαίο κόστος μεταβολής (σχήμα E-1.2). Με την κατανομή του πλήρους κόστους του νερού βάσει της αρχής της υπευθυνότητας για την μόλυνση ή την απώλεια μεγάλων ποσοτήτων νερού, το κόστος αυτό προτείνεται να καλυφθεί στο μεγαλύτερο του ποσοστό από τα ίδια κεφάλαια των εταιριών ύδρευσης, που θα διατεθούν για την εφαρμογή δράσεων μείωσης των CARL. Ο βαθμός ενεργοποίησης των δράσεων καθορίζει αν στο πέρασμα του χρόνου οι CARL αυξάνονται, μειώνονται ή μένουν σταθερές.



Σχήμα E-1.2. Κόστος μείωσης του EARL στο UARL

Όπως λοιπόν αναφέρθηκε, στις εταιρείες ύδρευσης αναλογεί ένα μεγάλο μέρος του πλήρους κόστους των CARL. Το υπόλοιπο μέρος του πρέπει να πληρωθεί από τους καταναλωτές και από το κράτος (εάν μετείχε αρχικά στην κατασκευή ή/και στη διαχείριση του δικτύου). Με βάση τις αρχές της WFD (πλήρης ανάκτηση κόστους, ο ρυπαίνων πληρώνει, αναλογικότητα), έχει προταθεί η παρακάτω κατανομή του πλήρους κόστους των απωλειών νερού (Κανακούδης & Γκονέλας, 2009a):

- οι χρήστες πρέπει να πληρώσουν το πλήρες κόστος των απωλειών νερού που λαμβάνουν χώρα στην ιδιοκτησία τους,
- όσον αφορά στο πλήρες κόστος των UARL, οι χρήστες πρέπει να πληρώσουν αυτό που αντιστοιχεί στο ελάχιστο αποδεκτό επίπεδο απωλειών νερού παγκοσμίως (5% του εισερχόμενου όγκου νερού – Κανακούδης, 1998), ως ανταπόδοση της δυνατότητας να έχουν πρόσβαση σε νερό,
- το υπόλοιπο μέρος του πλήρους κόστους UARL πρέπει να πληρωθεί από τους χρήστες και την εταιρεία παροχής ανάλογα με την ποσότητα νερού που καταναλώνουν,
- η παραπάνω κατανομή ισχύει και για το πλήρες κόστος της διαφοράς EARL-UARL,
- η εταιρεία ύδρευσης πρέπει να πληρώσει το πλήρες κόστος της διαφοράς CARL-EARL, ως ένα είδος ποινής λόγω της κακής κατάστασης των υποδομών,
- το κράτος, αν διαχειριζόταν αρχικά το δίκτυο, θα αναλάβει το κομμάτι που του αναλογεί με τη μορφή επιδότησης του παροχέα. Το μέγεθος της συμβολής του πρέπει να αποτελεί αντικείμενο διαπραγμάτευσης με την εταιρεία ύδρευσης.

Όσον αφορά στο κόστος των απαιτούμενων δράσεων (σχήμα B-4.3) μείωσης του επιπέδου των CARL, σε αυτό του EARL (το οποίο οδηγεί στη μείωση των ΑΚ, ΠΚ και

ΚΦΠ, λόγω της μειωμένης ζήτησης νερού) έχει προταθεί η παρακάτω κατανομή (Κανακούδης & Γκονέλας, 2009a):

- η εταιρεία ύδρευσης πρέπει να πληρώσει το μεγαλύτερο μέρος αυτού του κόστους, και όχι να το μεταφέρει στους καταναλωτές μέσω ειδικών τελών (τέλος επέκτασης ή επενδύσεων),
- οι χρήστες πρέπει να πληρώσουν ένα μέρος αυτού του κόστους, αφού θα ωφεληθούν από την μείωση της τιμής του νερού που θα προκύψει από τη μείωση του ΠΚ και του ΚΦΠ, λόγω της μειωμένης ζήτησης εξαιτίας της ελαχιστοποίησης των απωλειών νερού,
- τέλος, το κράτος αν διαχειριζόταν αρχικά το δίκτυο, θα αναλάβει το κομμάτι που του αναλογεί με τη μορφή επιδότησης του παροχέα. Το μέγεθος και αυτής της συμβολής του πρέπει να αποτελεί αντικείμενο διαπραγματεύσεως με την εταιρεία ύδρευσης.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστούν τα παρακάτω στοιχεία που σχετίζονται με τις απώλειες νερού και το κόστος που προκαλούν:

- οι απώλειες πρέπει να ανάγονται στον υδατικό πόρο προέλευσης. Η αναγωγή γίνεται βάσει της αρχής της πλήρους ανάμιξης (Micro-flow Distribution & Complete Mixing Assumption Method) (Wood & Ormsbee 1989, Jowitt & Chengchao Xu 1993).
- στο κόστος των απωλειών θα πρέπει να προστεθεί και το κόστος αντικατάστασής της χαμένης ποσότητας από την επόμενη οικονομικότερη εναλλακτική λύση τροφοδοσίας, σε σχέση με τη διαδρομή και την πηγή τροφοδότησης (Κανακούδης, 1998).

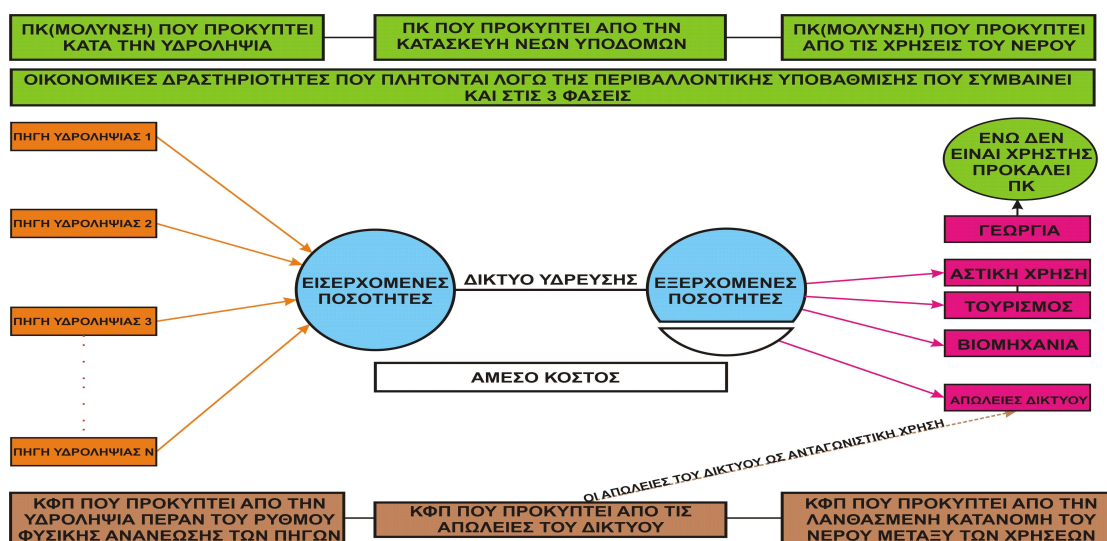
### **E-1.8 Ολοκληρωμένη μεθοδολογία υπολογισμού του πλήρους κόστους του αστικού νερού**

Για τον υπολογισμό του πλήρους κόστους του αστικού νερού πρέπει να ληφθούν υπόψη παράγοντες που σχετίζονται με τον υδατικό πόρο, τους χρήστες νερού και τους υπεύθυνους ρύπανσής του (σχήμα E-1.3), αφού είναι ένα μέγεθος χρονικά μεταβαλλόμενο που οι συνιστώσες του επηρεάζονται τόσο μεταξύ τους όσο και από κοινούς παράγοντες (Κανακούδης & Γκονέλας, 2009a). Όσον αφορά στις γενικές προτάσεις, η πρώτη επισήμανση αφορά στην αναγκαιότητα υπολογισμού των συνιστωσών του πλήρους κόστους του νερού που παρέχει μία εταιρεία ύδρευσης λαμβάνοντας υπόψη τόσο την χωρική όσο και τη χρονική διάσταση, αφού το κόστος του νερού επηρεάζεται από την χωρο-χρονική μεταβολή των χαρακτηριστικών των χρηστών (σύσταση, μέγεθος, έσοδα χρηστών/χρήσεων, μεταβολή συνηθειών χρήσης, εποχική μεταβολή ζήτησης), των υδατικών πόρων (χωρο-χρονική μεταβολή της φέρουσας ικανότητας, της υδραυλικής συνεργασίας, της ρύπανσης/υφαλήρωσης) και των μεγεθών της οικονομίας που καθορίζουν τους συντελεστές αναπροσαρμογής των επιπέδων του κόστους νερού, ώστε να αποφευχθεί η οικονομική του απαξίωση (Κανακούδης & Γκονέλας 2009a, b). Για αυτό ο υπολογισμός του κόστους του νερού πρέπει να γίνεται χρησιμοποιώντας συγκεκριμένα μεγέθη χωρικής (λεκάνη απορροής) και χρονικής αναφοράς (ανάλογη των υδρολογικών σεναρίων και των σεναρίων μεταβολής των οικονομικών δεικτών). Ο υπολογισμός αυτός πρέπει να γίνει ανά κατηγορία χρήσης (οικιακή, δημοτική/δημόσια, κοινωφελής, εταιρεία ύδρευσης -απώλειες νερού-, βιομηχανική) ελέγχοντας την ευαισθησία του μοντέλου στις μεταβολές των παραμέτρων του. Στον

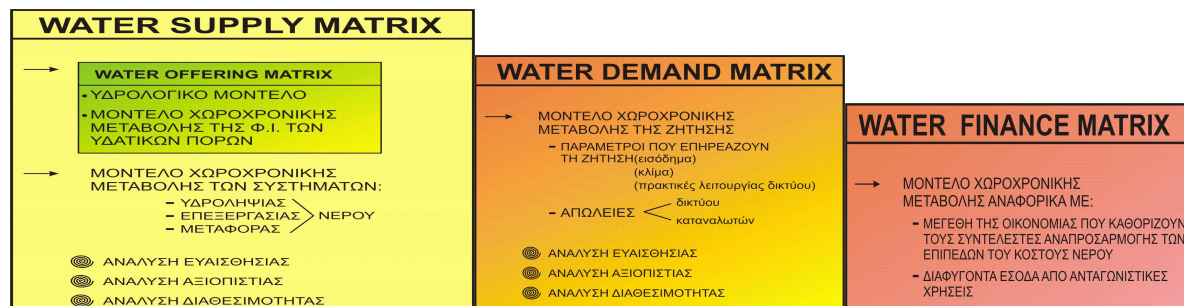
υπολογισμό αυτό θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται και το κόστος αποφυγής ζημίας ή ρίσκου (damage/risk avoidance cost) σε τεχνικό/οικονομικό επίπεδο (Κανακούδης & Γκονέλας 2009a, b). Γίνεται λοιπόν κατανοητό ότι για τον υπολογισμό των συνιστωσών του πλήρους κόστους του νερού απαιτείται η συνεργασία των παρακάτω ολοκληρωμένων μοντέλων πρόβλεψης της χωρο-χρονικής μεταβολής (Κανακούδης & Γκονέλας, 2009a) (σχήμα Ε-1.4):

- της φέρουσας ικανότητας των υδατικών πόρων με χρήση επιμέρους μοντέλων (π.χ. υδρολογικό, υδραυλικό). Τα αποτελέσματά του θα αποτελούν το μητρώο δυνητικής προσφοράς νερού του υδατικού πόρου (water offering matrix), που σε συνδυασμό με την χωρο-χρονική μεταβολή της δυναμικότητας των συστημάτων υδροληψίας, επεξεργασίας και μεταφοράς νερού αποτελούν το μητρώο δυνητικής παροχής νερού (water supply matrix), συνεκτιμώντας την ανάλυση ευαισθησίας, αξιοπιστίας και διαθεσιμότητας.
- των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού των υδατικών πόρων
- της ζήτησης νερού ανά κατηγορία χρήστη, λαμβάνοντας υπόψη τις παραμέτρους που επηρεάζουν τη ζήτηση από πλευράς χρήστη (π.χ. εισόδημα), καθώς και εξωτερικούς παράγοντες (κλίμα, πρακτικές λειτουργίας δικτύου). Τα αποτελέσματά του θα αποτελούν το μητρώο δυνητικής ζήτησης νερού του υδατικού πόρου (water demand matrix) συνεκτιμώντας την ανάλυση ευαισθησίας, αξιοπιστίας και διαθεσιμότητας.
- των μεγεθών της οικονομίας που καθορίζουν τους συντελεστές αναπροσαρμογής των επιπέδων του κόστους νερού, ώστε να αποφευχθεί η οικονομική του απαξίωση, αλλά και των τιμών των διαφυγόντων εσόδων των ανταγωνιστικών χρήσεων. Τα αποτελέσματά του αποτελούν το μητρώο χρηματο-οικονομικών παραμέτρων νερού του υδατικού πόρου (water finance matrix).

Το τελικό εργαλείο, είναι ένα Εξειδικευμένο Σύστημα Λήψης Απόφασης, που τα δεδομένα εισάγονται σε χρονικό βήμα μηνός ώστε να συνυπολογίζεται η εποχικότητά τους. Τα επίπεδα του κόστους του νερού θα πρέπει να αναπροσαρμόζονται τακτικά συμπεριλαμβανομένου και του απαιτούμενου αντιλογισμού, σε περίπτωση «υπερχρέωσης».



Σχήμα Ε-1.3. Διάγραμμα ροής εκτίμησης του πλήρους κόστους αστικού νερού (Κανακούδης & Γκονέλας, 2009a,b)



**Σχήμα Ε-1.4.** Τα δομικά στοιχεία Εξειδικευμένου Συστήματος Λήψης Απόφασης (Κανακούδης & Γκονέλας, 2009a,b)

Ο υπολογισμός του ΑΚ, αν και φαίνεται εύκολος, απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, διότι εξαρτάται από πολλούς παράγοντες που μεταβάλλονται χωρο-χρονικά και διότι τα κόστη που περιλαμβάνει επηρεάζονται από τις πρακτικές διαχείρισης του δικτύου. Κλασικό παράδειγμα αποτελεί η μεταβολή του κόστους επισκευής και αντικατάστασης των αγωγών, και του ρυθμού εμφάνισης αστοχιών. Ο ασφαλής υπολογισμός της επιβάρυνσης του ΑΚ απαιτεί τον προσδιορισμό του βέλτιστου χρόνου αντικατάστασης των αγωγών (Κanakoudis & Tolikas, 2001), των προτεραιοτήτων και των τεχνικών επέμβασης (Κanakoudis, 2004). Αν οι αντικαταστάσεις και οι επεμβάσεις προληπτικής συντήρησης γίνονται στο βέλτιστο τόπο και χρόνο, τότε μειώνεται σημαντικά το κόστος λειτουργίας/συντήρησης του δικτύου.

Σημαντικό ρόλο στον υπολογισμό των τριών συνιστωσών του πλήρους κόστους του νερού κατέχει ο προσδιορισμός της ζήτησης του, καθώς και η χωρο-χρονική της κατανομή (Κανακούδης & Γκονέλας 2009a, b). Πρέπει να τονιστεί ότι ο προσδιορισμός του μοναδιαίου κόστους νερού πρέπει να γίνεται ανά  $m^3$  νερού που λαμβάνεται από τον πόρο, και όχι ανά  $m^3$  νερού που καταναλώνεται. Επειδή το επίπεδο του κόστους αυτού επηρεάζεται από το μέγεθος συνολικής ζήτησης νερού, συμπεριλαμβανομένων των απωλειών του δικτύου και εντός της ιδιοκτησίας του καταναλωτή (που συνήθως δεν μετρώνται διότι βρίσκονται κάτω από το όριο μέτρησης του μετρητή), πρέπει στις διαδοχικές αναπροσαρμογές του κόστους να λαμβάνονται υπόψη τυχόν περιορισμοί της ζήτησης λόγω της αλλαγής των πρακτικών λειτουργίας/συντήρησης του δικτύου και της αλλαγής των συνηθειών κατανάλωσης νερού των χρηστών. Με τον τρόπο αυτό και ορθότερα θα υπολογίζεται το κόστος του νερού και δικαιότερα θα κατανέμεται στους χρήστες και στους ρυπαντές του.

Πρέπει να τονιστεί ότι οι απώλειες νερού του δικτύου ύδρευσης (πέραν του κατώτατου αποδεκτού τους ορίου που θα πρέπει να επιβαρύνει τους τελικούς χρήστες, ως ανταποδοτικό τέλος λόγω της παρεχόμενης δυνατότητας χρήσης του νερού), καθώς και οι απώλειες νερού εντός της ιδιοκτησίας του καταναλωτή, θα πρέπει να αντιμετωπίζονται ενιαία, διότι αποτελούν νερό που τελικά δεν χρησιμοποιείται. Επειδή όπως αναφέρθηκε το επίπεδο του κόστους του νερού επηρεάζεται από το μέγεθος της συνολικής ζήτησης, θα πρέπει ο υπολογισμός του κόστους να γίνεται για δύο διαφορετικά επίπεδα ζήτησης που θα διαφέρουν κατά την ποσότητα των απωλειών νερού. Τη διαφορά των δύο τιμών κόστους θα την επιμερίζονται αναλογικά οι χρήστες που ευθύνονται για τις προαναφερόμενες απώλειες νερού, που τελικά θα κοστίζουν διπλά (Κανακούδης & Γκονέλας 2009a, b).

## Κεφάλαιο Ε-2: Τιμολόγηση του αστικού νερού

### Ε-2.1 Οι νέες προκλήσεις της τιμολόγησης νερού

Η Κοινοτική Οδηγία Πλαίσιο για τα νερά (WFD 2000/60/EC) με την σύσταση πλήρους ανάκτησης του κόστους νερού, προκάλεσε την ανάγκη νέων μοντέλων τιμολόγησης του με στόχο την αειφορία των υδατικών πόρων. Η αρχή κατανομής του κόστους βάσει της κατανάλωσης ή της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης θέτει κατευθυντήριες γραμμές, αλλά όπως ήδη αναφέρθηκε, απαιτεί έρευνα σε κοινωνικά, οικονομικά και αναπτυξιακά ζητήματα καθώς είναι αδιαπραγμάτευτη η αρχή της παροχής νερού σε ανεκτές τιμές στις κατώτατες κοινωνικές ομάδες, διασφαλίζοντας τον χαρακτήρα του νερού ως κοινωνικού και όχι ως εμπορικού προϊόντος. Μέσω της αποδοτικής τιμολόγησης προωθείται η αποδοτική χρήση του νερού. Η ζήτηση για αγαθά και υπηρεσίες είναι κυρίως μια λειτουργία που βασίζεται στις τιμές. Σε βάθος χρόνου οι τιμές επηρεάζουν τα μοντέλα ζήτησης, που με τη σειρά τους επηρεάζουν την τροφοδοσία, και τελικά τα κόστη. Παρότι η ζήτηση δεν είναι συνάρτηση μόνο της τιμής, την επηρεάζει σημαντικά. Τιμολόγηση όπου τα κόστη κατανέμονται αναλογικά σε αυτούς που τα προκαλούν είναι αποδοτικότερη και κοινωνικά δίκαιη.

### Ε-2.2 Είδη αστικής κατανάλωσης νερού - Παράγοντες επιρροής

Τα είδη της αστικής κατανάλωσης νερού και τα ποσοστά τους σε σχέση με τη συνολική κατανάλωση είναι η Οικιακή (65-75%, ανάλογα με το αν υπάρχει ή όχι βαριά βιομηχανία), η Εμπορο-Βιομηχανική (5-20% για τον αντίστροφο λόγο), η Δημόσια-Δημοτική (15% λόγω ύπαρξης υπηρεσιών, σχολείων, νοσοκομείων, ιδρυμάτων κοινής ωφέλειας, κοινόχρηστων χώρων και πάρκων) και τέλος οι Λοιπές χρήσεις (5%). Σημειώνεται ότι η αστική κατανάλωση νερού εννοείται το σύνολο της κατανάλωσης εκτός από τις απώλειες λόγω διαρροών/θραύσεων, που κυμαίνονται από 30-50% της συνολικής ποσότητας που εισέρχεται στο δίκτυο (Kanakoudis & Tolikas, 2001).

Μία πρώτη κατηγοριοποίηση των παραγόντων που επηρεάζουν το μέγεθος της ζήτησης νερού τους διακρίνει σε εξαρτημένους, που έχουν να κάνουν με το μέγεθος της “μονάδας” ζήτησης (π.χ. μέγεθος πληθυσμού, κατοικιών) και σε ανεξάρτητους, που επηρεάζουν την τιμή της ειδικής κατανάλωσης (π.χ. τιμή χρέωσης χρήσης, εισόδημα κατοίκων, αριθμός κατοίκων ανά λογαριασμό χρέωσης κατανάλωσης, είδος κατοικιών - ποσοστό μονοκατοικιών- και κλίμα -ύψος βροχής-). Οι παραπάνω παράγοντες κατηγοριοποιούνται και ως υδρολογικοί (ύψος βροχής), φυσιογραφικοί (δυναμικότητα, ευκολία πρόσβασης/διαθεσιμότητα υδατικών πόρων, τοπογραφία εξυπηρετούμενων περιοχών, είδος/αριθμός εξυπηρετούμενων κατοικιών), τεχνολογικοί (κατάσταση δικτύου, επίπεδο εξυπηρέτησης καταναλωτών), οικονομικοί (επίπεδο τιμών/διάρθρωση τιμολογίου, εισόδημα κατοίκων, μέγεθος κατοικίας, αριθμός κατοίκων ανά λογαριασμό χρέωσης κατανάλωσης), δημογραφικοί (μέγεθος πληθυσμού, φύλο, μέση ηλικία και οικογενειακή κατάσταση καταναλωτή, μέση ηλικία και σύσταση νοικοκυριού, μέση ηλικία συνόλου πληθυσμού), κοινωνικοί (εθνικότητα, φυλή, κοινωνική θέση και επάγγελμα καταναλωτή) και άλλοι πολιτιστικοί (συνήθειες, εκπαίδευση, κουλτούρα καταναλωτών)

### Ε-2.3 Δείκτες ελαστικότητας της ζήτησης

Οι πλέον γνωστοί δείκτες ποσοτικοποίησης της επίδρασης των ανεξάρτητων παραγόντων επιρροής στο μέγεθος της αστικής κατανάλωσης νερού είναι οι “Δείκτες της Ελαστικότητας της Ζήτησης Νερού” (Water Demand Elasticity Indices). Κάθε ένας από αυτούς ορίζεται ως εξής:

$$\eta_c = (\text{Ρυθμός μεταβολής της ζήτησης νερού}) / (\text{Ρυθμός μεταβολής τιμής του παράγοντα } c) \quad (2.1)$$

Όταν αύξηση (ή μείωση) της τιμής του παράγοντα (c) προκαλεί αύξηση (ή μείωση) της ζήτησης νερού, τότε η “ελαστικότητα” της έχει θετική τιμή και ο παράγοντας λέγεται θετικός (π.χ. το εισόδημα κατοίκων και το πλήθος τους ανά ρολόι). Σε αντίθετη περίπτωση η “ελαστικότητα” της ζήτησης έχει αρνητική τιμή και ο παράγοντας νοείται αρνητικός. (π.χ. η τιμή χρέωσης του νερού). Τέλος, υπάρχουν παράγοντες που μπορεί κατά περίπτωση να είναι άλλες φορές θετικοί και άλλες αρνητικοί (π.χ. είδος κατοικιών ως ποσοστό τους επί του συνόλου των κατοικιών και το κλίμα). Οι επιμέρους τιμές των “ελαστικότητων” της ζήτησης εξαρτώνται επίσης από τοπικές συνθήκες (επίπεδο και είδος τιμολογίου, αφθονία υδατικών πόρων, επίπεδο ενημέρωσης καταναλωτών για τα προβλήματα έλλειψης νερού) και τα αντανακλαστικά της αγοράς (ταχύτητα αντίδρασης και προσαρμοστικότητα κοινού σε νέα δεδομένα τιμολόγησης, “υδατική” συνείδηση). Οι παράγοντες αυτοί δικαιολογούν βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες “ελαστικότητες”.

Ο προσδιορισμός της τιμής του δείκτη ελαστικότητας για κάθε έναν παράγοντα επηρεασμού του μεγέθους της κατανάλωσης, είναι αναγκαίος, για την εκτίμηση των αποτελεσμάτων μιας συγκεκριμένης πολιτικής εξοικονόμησης νερού και για την πρόβλεψη της κατανάλωσης όταν θεωρείται γνωστή η εξέλιξη των τιμών των παραγόντων που την επηρεάζουν. Με βάση την εμπειρία από μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί παγκοσμίως, για την τιμή χρέωσης του νερού ο δείκτης κυμαίνεται από -0,1 έως -1,0 με μέση τιμή -0,51, για το εισόδημα των κατοίκων, ο δείκτης κυμαίνεται από +0,144 έως +0,458 με μέση τιμή +0,23, για τον αριθμό των κατοίκων ανά λογαριασμό, ο δείκτης κυμαίνεται από +0,26 έως +2,51 με μέση τιμή +1,39, για το είδος των κατοικιών ο δείκτης κυμαίνεται από -0,24 έως -1,0 με μέση τιμή -0,93 και για το κλίμα ο δείκτης κυμαίνεται από -0,1 έως -0,3 με μέση τιμή -0,169. (Maddaus 1987, Flack 1981, Duke & Montoya. 1993, Schneider & Whitlatch 1991).

### Ε-2.4 Η τιμολόγηση του αστικού νερού ως δράση εξοικονόμησής του

Τα σημαντικότερα οφέλη από τη συγκράτηση ή περιορισμό των υδατικών αναγκών συνοψίζονται στον περιορισμό της εξάντλησης των υδατικών πόρων, στην μείωση της δαπανώμενης ενέργειας για την άντληση και μεταφορά του νερού, στην αναβολή επέκτασης του δικτύου και της εύρεσης νέων υδατικών πόρων, στην παράταση της ζωής της υπάρχουσας δυναμικότητας του δικτύου, στην μείωση του όγκου λυμάτων, της δυναμικότητας του δικτύου και των εγκαταστάσεων επεξεργασίας τους, στη μείωση του κόστους επεξεργασίας νερού και λυμάτων (κόστος ενέργειας και χημικών πρόσθετων), στην μείωση των αιχμών ζήτησης και του λογαριασμού χρέωσης των πελατών. Κάθε οργανωμένο πρόγραμμα εξοικονόμησης νερού πρέπει να βασίζεται στην αρχή ότι το νερό είναι ένα ανανεώσιμο και ανακυκλούμενο αγαθό, που μεταβάλλεται χωρικά, χρονικά, ποιοτικά, ποσοτικά και σωστή διαχείριση σημαίνει ολική διαχείρισή του στις πηγές υδροληψίας του,



κατά τη μεταφορά-χρήση του και τέλος στη διάθεσή του στο περιβάλλον. Κάθε πρόγραμμα εξοικονόμησης είναι συνάρτηση του κλίματος, του είδους της χρήσης και της πηγής προέλευσης του νερού και τέλος του είδους της λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος. Πριν την εφαρμογή του πρέπει να εκτιμώνται οι επιπτώσεις του στην ποσότητα και στην ποιότητα των αποθεμάτων των υδατικών πόρων και στις σχέσεις αλληλεπίδρασης πηγής νερού και όγκου λυμάτων. Κάθε πρόγραμμα εξοικονόμησης πρέπει να αξιολογείται με βάση το οικονομικό, κοινωνικό και περιβαλλοντικό κόστος και όφελός του και από τις πιθανότητες που προσφέρει για την επίτευξη του τελικού στόχου. Επιπλέον πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη η μείωση των εσόδων της Εταιρίας Ύδρευσης από τη μείωση της κατανάλωσης ως αποτέλεσμα της εξοικονόμησης (Murdock et al. 1991, Olsen & Highstreet 1987). Είναι αναγκαίο να εκτιμάται η αξιοπιστία του υδροδοτικού συστήματος μετά την επίτευξη του στόχου του προγράμματος. Η προσπάθεια όμως δεν πρέπει να σταματάει εκεί, αλλά απαιτείται συνεχής εκπαίδευση των καταναλωτών, με σκοπό την επίτευξη “υδατικής” συνείδησης και την κάμψη των αντιδράσεων στα μέτρα που επιβάλλονται. Ειδική ενημέρωση απαιτείται αναφορικά με μέτρα ενθάρρυνσης της εθελοντικής εξοικονόμησης, αλλά και για τη διασφάλιση της συμμόρφωσης των καταναλωτών σε περίπτωση επιβολής μέτρων υποχρεωτικής εξοικονόμησης.

Η εφαρμογή προγραμμάτων εξοικονόμησης σε μία αστική περιοχή μπορεί να πραγματοποιηθεί πριν ή κατά τη χρήση του νερού. Στην πρώτη κατηγορία περιλαμβάνονται τα προγράμματα που αναφέρονται στη πηγή του νερού (εκμετάλλευση επιπλέον απορροής με ταμειυτήρες, εμπλουτισμό υδροφορέων, ενδιάμεσες δεξαμενές αποθήκευσης) ή κατά τη μεταφορά του (σωστή λειτουργία δικτύων μεταφοράς-διανομής με ικανής δυναμικότητας δεξαμενές αποθήκευσης, σωστή ρύθμιση τους, μείωση απωλειών και κατασκευή νέων έργων). Στη δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνονται τα προγράμματα που αναφέρονται στη χρήση νερού μέσω μείωσης της ζήτησης με την ενημέρωση-ευαισθητοποίηση του κοινού, τη χρήση κατάλληλης τεχνολογίας (συσκευές ανίχνευσης διαρροών, σύστημα τηλεέλεγχου-τηλεχειρισμού, συσκευές εξοικονόμησης), τη σωστή διαχείρισή της (μείωση αιχμών) και τέλος την αύξηση της τιμολόγησης ή ακόμα αυστηρότερα, τον περιορισμό της.

Τα μέτρα εξοικονόμησης “αστικού” νερού διακρίνονται σε κατασκευαστικά, λειτουργικά, οικονομικά και κοινωνικο-πολιτικά. Η συνδυασμένη εφαρμογή των παραπάνω μέτρων δεν επιφέρει πάντα αθροιστικά αποτελέσματα, διότι τα μέτρα αυτά αλληλοεπηρεάζονται όταν εφαρμόζονται συνδυασμένα. Αναλυτικότερα, στα κατασκευαστικά μέτρα εντάσσονται η ανάπτυξη πλήρους δικτύου μετρητών της κατανάλωσης, η εγκατάσταση οικιακών συσκευών εξοικονόμησης (μείωσης πίεσης, ανάμειξης νερού-αέρα, μείωσης όγκου στα καζανάκια και αυτόματης ρύθμισης on-off ροής), η εγκατάσταση συστημάτων ανακύκλωσης οικιακού νερού και χρήσης του στην τουαλέτα, η εγκατάσταση συσκευών μείωσης πίεσης στο δίκτυο διανομής και η επαναχρησιμοποίηση των αστικών λυμάτων για άλλες χρήσεις. Τα κυριότερα λειτουργικά μέτρα είναι η ανίχνευση των αφανών διαρροών, η επίσπευση της επισκευής των βλαβών και τα περιοριστικά μέτρα κατανάλωσης με σκοπό τη μείωση των αιχμών. Στα οικονομικά μέτρα περιλαμβάνονται η Τιμολογιακή Πολιτική με εφαρμογή κατάλληλων τιμολογίων, ως προς το επίπεδο των τιμών και τη διάρθρωσή τους, η θέσπιση οικονομικών κινήτρων/ελαφρύνσεων, που ενθαρρύνουν-επιβραβεύουν την εξοικονόμηση, η θέσπιση οικονομικών αντικινήτρων-προστίμων, που αποθαρρύνουν-τιμωρούν τη σπατάλη νερού και η επιλογή του κατάλληλου κύκλου χρέωσης. Τέλος, στα Κοινωνικο-πολιτικά μέτρα εντάσσονται η ενημέρωση (π.χ. διαφημιστικές καμπάνιες) και η εκπαίδευσή του κοινού (π.χ. σεμινάρια χρήσης συσκευών οικιακής

εξοικονόμησης), το θεσμικό πλαίσιο εξοικονόμησης και η επιδίωξη “υδατικής συνείδησης” (π.χ. εισαγωγή σχετικών σχολικών μαθημάτων).

Συνήθως η εξοικονόμηση νερού είναι συνώνυμη της εφαρμογής επιθετικής τιμολογιακής πολιτικής που περιλαμβάνει υψηλότερα επίπεδα τιμών ή/και μεταβολή της δομής του τιμολογίου χρέωσης του. Η επιτυχία ενός τέτοιου προγράμματος εξοικονόμησης εξαρτάται τόσο από την επιλογή της σωστής διάρθρωσης τιμολογίου, όσο και από το υφιστάμενο επίπεδο των τιμών χρέωσης της κατανάλωσης.

Τα είδη των τιμολογίων όσον αφορά στη διάρθρωσή-δομή τους και στο κατά πόσο ενθαρρύνουν ή αποθαρρύνουν την εξοικονόμηση νερού, διακρίνονται στις εξής κατηγορίες (Κανακούδης & Γκονέλας 2009b):

- Σταδιακά μειούμενης χρέωσης μονάδας κατανάλωσης (Declining block rates) Στα τιμολόγια αυτά υπάρχει μία ελάχιστη χρέωση (πάγιο) έως μία συγκεκριμένη τιμή κατανάλωσης. Η επιπλέον κατανάλωση χωρίζεται σε βαθμίδες (blocks) όπου υπάρχει μοναδιαία χρέωση που μειώνεται από τη μία βαθμίδα στην επόμενη της. Το τιμολόγιο αυτό χρησιμοποιείται για ισοπέδωση των αιχμών, βοηθά τη βιομηχανική ανάπτυξη, αλλά δεν ενθαρρύνει την εξοικονόμηση.

- Σταθερής χρέωσης μονάδας κατανάλωσης (Flat or Uniform rates) Στα τιμολόγια αυτά υπάρχει μία ελάχιστη χρέωση (πάγιο) έως μία συγκεκριμένη τιμή κατανάλωσης. Η επιπλέον κατανάλωση χρεώνεται με μία σταθερή μοναδιαία τιμή ανεξάρτητα της ποσότητας νερού που χρησιμοποιείται. Το τιμολόγιο χρησιμοποιείται για την ενθάρρυνση εξοικονόμησης νερού από τους μεγάλους καταναλωτές, βοηθώντας τη βιομηχανική ανάπτυξη.

- Σταδιακά αυξανόμενης χρέωσης μονάδας κατανάλωσης (Inclining or Increasing block rates) Στα τιμολόγια αυτά υπάρχει μία ελάχιστη χρέωση (πάγιο) έως μία συγκεκριμένη κατανάλωση νερού. Η επιπλέον κατανάλωση χωρίζεται σε βαθμίδες (blocks) όπου η μοναδιαία χρέωση αυξάνει από τη μία βαθμίδα στην επόμενη της. Το τιμολόγιο αυτό χρησιμοποιείται για την ενθάρρυνση της εξοικονόμησης του νερού από όλους τους καταναλωτές, πλήττει τη βιομηχανική ανάπτυξη, αλλά ταυτόχρονα ενθαρρύνει την ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση του νερού.

- Εποχικής χρέωσης ή χρέωσης αιχμής κατανάλωσης (Seasonal-Peak rates) Δεν αποτελεί κύριο τιμολόγιο, αλλά χρησιμοποιείται συνήθως ως πρόσθετη χρέωση κυρίως κατά το καλοκαίρι ή κατά τις περιόδους αιχμής της ζήτησης. Επιβάλλεται βάση του ποσοστού αύξησης της κατανάλωσης σε σχέση με μία σταθερή τιμή (π.χ. χειμερινή μέση χρήση, μέση ημερήσια χρήση, μέση ωριαία χρήση). Το τιμολόγιο αυτό εφαρμόζεται κυρίως σε παραθεριστικά κέντρα, χρησιμοποιείται για την ενθάρρυνση της εξοικονόμησης νερού από τους καταναλωτές και ταυτόχρονα βοηθά στα έσοδα της εταιρείας ύδατος για την πραγματοποίηση νέων επενδύσεων.

- Χρέωσης μη καταμετρούμενης κατανάλωσης (Rates for Un-metered Uses) Όπου δεν υπάρχουν μετρητές η χρέωση γίνεται με τη μορφή παγίου ή ανάλογα με το μέγεθος της σύνδεσης. Το τιμολόγιο αυτό δεν ενθαρρύνει την εξοικονόμηση του νερού.

- Χρέωσης νέων καταναλωτών (Rates for New Users) Εξαρτώνται από τις ανάγκες επέκτασης του δικτύου, αύξησης της δυναμικότητάς του και τη βιομηχανική ανάπτυξη της περιοχής.

## **E-2.5 Ο ρόλος των απωλειών νερού στη διαμόρφωση της τιμής του**

Όσον αφορά στο ρόλο των απωλειών νερού στη διαμόρφωση της ορθολογικής τιμής του, όσο η τιμή του νερού θα αυξάνει, λόγω της ενσωμάτωσης της αρχής ανάκτησης της πλήρους αξίας του, οι απώλειες νερού θα κοστίζουν ακριβιά με αποτέλεσμα να μην μπορούν να αγνοηθούν πλέον. Αντίθετα, οι δράσεις μείωσης του CARL θα είναι πιο ελκυστικές (οικονομικά πιο ανταποδοτικές). Για τον ίδιο λόγο το επίπεδο των EARL θα τείνει να πλησιάσει το επίπεδο των UARL (Κανακούδης & Γκονέλας 2009b).

Η μείωση της ποσότητας του νερού των απωλειών θα οδηγεί στη μείωση της αντίστοιχης ποσότητας που θα λαμβάνεται από τον υδατικό πόρο για την κάλυψη της ίδιας πραγματικής ζήτησης (αύξηση αποδοτικότητας χρήσης) και άρα σε μείωση του ΑΚ και του ΚΦΠ. Η ίδια μείωση μπορεί να επέλθει και στα επίπεδα του ΠΚ, όταν η ποιότητα του νερού του υδατικού πόρου εξαρτάται από το μέγεθος των αποθεμάτων του (ικανότητα φυσικού αυτοκαθαρισμού). Η μείωση όμως των ΑΚ, ΚΦΠ και ίσως του ΠΚ, θα οδηγήσουν σε επακόλουθη μείωση του πλήρους κόστους του νερού και άρα και της τιμής του. Με βάση τον αντίστοιχο δείκτη ελαστικότητας της ζήτησης (λόγω μεταβολής της τιμής του), η μείωση της τιμής του νερού μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της ζήτησής του, που με τη σειρά της θα αυξήσει τα επίπεδα των ΑΚ, ΠΚ και ΚΦΠ και συνεπακόλουθα την τιμή του νερού. Δημιουργείται λοιπόν ένας φαύλος κύκλος, που θα οδηγεί σε συνεχείς διορθώσεις της τιμής του νερού και του μεγέθους της ζήτησής του. Μεσοπρόθεσμα αναμένεται η όλη διαδικασία να οδηγήσει σε μία σχεδόν σταθερή ειδική κατανάλωση και μέση τιμή νερού (ισορροπία στο επίπεδο βιωσιμότητας του συστήματος), που θα επηρεάζονται μόνο από τις μεταβολές του βιοτικού επιπέδου, του εισοδήματος και της αύξησης πληθυσμού (Κανακούδης & Γκονέλας, 2009b).

Υπάρχει επίσης ένα ακόμα θέμα που αξίζει να σημειωθεί σχετικά με την επίδραση των δράσεων μείωσης των CARL, που βασίζονται στη διαχείριση (μείωση) της πίεσης λειτουργίας του δικτύου, στα επίπεδα των UARL και NRW. Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο, το επίπεδο των UARL εξαρτάται άμεσα από τη μέση πίεση λειτουργίας του δικτύου (§ B-4.4 εξίσωση (4.1)). Επίσης το επίπεδο των UARL επηρεάζει και το επίπεδο του μη ανταποδοτικού νερού – NRW (§ B-3.2, σχήμα B-3.2). Οι δράσεις λοιπόν μείωσης των CARL, που βασίζονται στη διαχείριση (μείωση) της πίεσης λειτουργίας του δικτύου θα οδηγήσουν και σε μείωση των UARL και του NRW.

## Κεφάλαιο Ε-3: Εργαλεία χρηματοδότησης κατασκευής και αναβάθμισης δικτύων αστικού νερού

### Ε-3.1 Οι Συμπράξεις Δημόσιου Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ)

Οι Συμπράξεις Δημόσιου Ιδιωτικού Τομέα ορίζονται σαν «συνεργασίες του Δημοσίου που χρησιμοποιεί την ιδιωτική ικανότητα και τους πόρους για την υλοποίηση έργου ή την παροχή υπηρεσίας που καλύπτει μία δημόσια ανάγκη και παράγει κέρδος» (UN, 2005). Οι ΣΔΙΤ αποτελούν μία μεσο-μακροπρόθεσμη συνεργασία του δημόσιου με τον ιδιωτικό τομέα για κοινό όφελος. Σκοπός είναι η εξασφάλιση της χρηματοδότησης, κατασκευής, ανακαίνισης, διαχείρισης και συντήρησης υποδομών και παροχής υπηρεσιών κοινωνικού χαρακτήρα, σε τομείς της εθνικής οικονομίας, όπου η απελευθέρωση της αγοράς είναι ανέφικτη ή μη επιθυμητή. Η συμμετοχή του ιδιωτικού τομέα στην υλοποίηση αυτών των έργων και υπηρεσιών (στο εξής «έργα») μπορεί να γίνει με τη μορφή του συνεργαζόμενου εταίρου, ή του παροχέα υπηρεσιών. Αν και τα πεδία εφαρμογής των ΣΔΙΤ σήμερα είναι κυρίως μεγάλα «έργα», πρόκληση αποτελεί η επέκτασή τους και σε μικρομεσαία (Kanakoudis et al., 2005a, 2007). Ως μεγάλο ορίζεται ένα «έργο» με υψηλό κόστος και μακρά περίοδο κατασκευής, όπου η εισροή εσόδων αναμένεται μετά την κατασκευή του και η χρηματοδότησή του απαιτεί την συμμετοχή του Δημοσίου και του Ιδιωτικού Τομέα, αφού η μονόπλευρη χρηματοδότηση είναι αδύνατη ή/και ασύμφορη (Kanakoudis et al., 2005c).

Το Δημόσιο στρέφεται στις ΣΔΙΤ όταν οι πόροι του είναι περιορισμένοι ή όταν έχει άλλες προτεραιότητες και όταν ο ιδιώτης παρέχει το ίδιο αποτέλεσμα φθηνότερα, ή καλύτερο με το ίδιο κόστος, ή διοικεί και αντιμετωπίζει τους κινδύνους αποτελεσματικότερα, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο κίνδυνος που πρέπει να αντιμετωπίσει το Δημόσιο. Μέσω των ΣΔΙΤ οι παρεχόμενες υπηρεσίες είναι βελτιωμένες και τα πάγια αξιοποιούνται καλύτερα. Εκμεταλλευόμενοι την καινοτομία, την εμπειρία και την ευελιξία του ιδιωτικού τομέα, οι ΣΔΙΤ μπορούν να παρέχουν υπηρεσίες αποδοτικότερες οικονομικά σε σχέση με τις παραδοσιακές πρακτικές. Με τον τρόπο αυτό τα χρήματα που εξοικονομούνται μπορούν να χρηματοδοτήσουν άλλες δημόσιες ανάγκες κοινωνικού χαρακτήρα μη ανταποδοτικού προφίλ. Τα βασικά κίνητρα χρήσης των ΣΔΙΤ είναι (Kanakoudis et al., 2006) η διασφάλιση της κατανομής των πόρων του ΠΔΕ, η καλύτερη ποιότητα των δημοσίων «έργων», η αξιοποίηση της τεχνογνωσίας του ιδιωτικού τομέα στον σχεδιασμό και την υλοποίηση «έργων», ο περιορισμός του κόστους κύκλου ζωής του «έργου» και η αποτελεσματική κατανομή κινδύνων. Συνδυάζοντας τα δυνατά σημεία του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα, το κρίσιμο στοιχείο της συνεργασίας δεν είναι το αν το «έργο» θα αποδοθεί ή όχι στο Δημόσιο, αλλά το κατά πόσο ικανοποιούνται οι στόχοι του Δημοσίου.

Η διεθνής εμπειρία έχει αποδείξει ότι μέσω των ΣΔΙΤ είναι δυνατή η παροχή υψηλού επιπέδου «έργων», που ικανοποιούν τις απαιτήσεις των πολιτών, με τρόπο οικονομικά αποδοτικό και αποτελεσματικό. Η συνεργασία μπορεί να προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως την υλοποίηση ενός «έργου» στην καλύτερη σχέση ποιότητας / τιμής, διατηρώντας παράλληλα τους στόχους του δημοσίου συμφέροντος. Παρά ταύτα, η χρησιμοποίηση των ΣΔΙΤ δεν θα πρέπει να παρουσιάζεται ως η μοναδική λύση για ένα δημόσιο τομέα, που αντιμετωπίζει δημοσιονομικούς περιορισμούς. Οι οικονομικές και οργανωτικές επιλογές για τον τρόπο υλοποίησης κάθε «έργου» πρέπει να παρουσιάζουν

πραγματική προστιθέμενη αξία σε σχέση με άλλες επιλογές, (π.χ. η κλασική σύναψη σύμβασης δημόσιου «έργου») προκειμένου να προωθηθούν σε εφαρμογή.

### **E-3.2 Αρχέτυποι των ΣΔΙΤ**

Οι ΣΔΙΤ ποικίλουν ανάλογα με το μέγεθος, το είδος και την κατανομή του κινδύνου που εμπεριέχεται, τον βαθμό εξειδίκευσης κάθε εταίρου στις διαπραγματεύσεις, τις οικονομικές επιπτώσεις για τους πολίτες και τις λεπτομέρειες της χρηματοδότησης. Οι βασικοί αρχέτυποι των ΣΔΙΤ είναι οι ΣΔΙΤ με παραχώρηση (Concession) που αποτελούν την πλέον διαδεδομένη μορφή, οι ΣΔΙΤ με τη δημιουργία κοινής επιχείρησης (Joint Venture) και οι Υβριδικές μορφές ΣΔΙΤ. Σε όλη τη διάρκεια μίας σύμβασης παραχώρησης ο Ιδιώτης αναλαμβάνει τη διαχείριση εκμετάλλευση, συντήρηση του «έργου», χρηματοδοτεί κάθε σχετική επένδυση, είναι υπεύθυνος της παρεχόμενης υπηρεσίας, καθορίζει μαζί με το Δημόσιο το ύψος του αντιτίμου χρήσης της (το συγκεντρώνει απευθείας από τους χρήστες) και αποδίδει αρχικά ή σε ετήσια βάση χρηματικό ποσό στο Δημόσιο. Το Δημόσιο ορίζει τις προδιαγραφές του «έργου», διασφαλίζει ότι ο Ιδιώτης τις τηρεί, ορίζει την ποιότητα των υπηρεσιών και διατηρεί την κυριότητα των παγίων. Η διάρκεια παραχώρησης προκύπτει από το χρόνο που ο Ιδιώτης επιτυγχάνει τους στόχους του. Στην Joint Venture ΣΔΙΤ (εναλλακτική λύση στην πλήρη ιδιωτικοποίηση) το Δημόσιο και ο Ιδιώτης ιδρύουν νέα εταιρία ή είναι συνιδιοκτήτες υφιστάμενης ανεξάρτητης από τη δημόσια αρχή. Οι εταίροι είναι συνυπεύθυνοι και συνιδιοκτήτες για την παροχή του «έργου» και η συμμετοχή του Ιδιώτη είναι μικρότερη του 100%. Σε μία Joint Venture ΣΔΙΤ, το Δημόσιο αποτελεί τον τελικό ρυθμιστή και ενεργό μέτοχο στην εταιρία, μπορεί να συμμετάσχει στη διανομή των κερδών και διασφαλίζει την ευρύτερη πολιτική και κοινωνική αποδοχή της ΣΔΙΤ. Από την άλλη ο Ιδιώτης, έχει συνήθως την κύρια ευθύνη για την διεκπεραίωση των λειτουργιών διοίκησης/διαχείρισης (management). Ακολουθεί η αναλυτική περιγραφή των «Αρχέτυπων των ΣΔΙΤ»

- Τύπος ΣΔΙΤ με παραχώρηση (concession)
  - Η κυβέρνηση παραχωρεί αποκλειστικά στον ιδιώτη συμβασιούχο όλες τις δραστηριότητες εκμετάλλευσης, συντήρησης, και το management.
  - Ο ιδιώτης είναι υπεύθυνος για να προβεί σε οποιαδήποτε κεφαλαιακή επένδυση απαιτείται για την κατασκευή, αναβάθμιση ή επέκταση του «έργου υποδομής», να παράσχει την υπηρεσία και φυσικά αυτός καθορίζει το ύψος του αντιτίμου της παρεχόμενης υπηρεσίας και συγκεντρώνει απευθείας το αντίτιμο που πληρώνουν οι χρήστες για τις παρεχόμενες υπηρεσίες.
  - Ο ιδιωτικός τομέας, πέρα από την υποχρέωση να χρηματοδοτήσει ολοκληρωτικά τις επενδυτικές ανάγκες του έργου κατά την χρονική διάρκεια της παραχώρησης (στο τύπο ΣΔΙΤ αμιγούς παραχώρησης ο ιδιωτικός τομέας αναλαμβάνει το 100% της χρηματοδότησης), μπορεί να υποχρεωθεί να καταβάλλει ένα αρχικό χρηματικό ποσό ή ένα ετήσιο ποσό παραχώρησης στον δημόσιο τομέα.

- Ο δημόσιος τομέας είναι υπεύθυνος για τη διαμόρφωση των προδιαγραφών επίδοσης και για τη διασφάλιση ότι ο ιδιώτης θα συμβαδίζει με αυτές. Και επίσης γίνεται ρυθμιστής για την τιμή και ποιότητα.
- Τα «σταθερά» περιουσιακά στοιχεία του «έργου υποδομής» τίθενται στην διάθεση του ιδιώτη συμβασιούχο για τη διάρκεια της παραχώρησης, αλλά παραμένουν υπό το ιδιοκτησιακό καθεστώς της κυβέρνησης.
- Η διάρκεια παραχώρησης, συνήθως μεγαλύτερη των 25 ετών, βασίζεται στις απαιτήσεις της σύμβασης και στον χρόνο που απαιτείται για τον ιδιώτη συμβασιούχο να καλύψει το κόστος του.
- Ο τύπος ΣΔΙΤ με παραχώρηση είναι ο πλέον διαδεδομένος στην σύγχρονη πρακτική των ΣΔΙΤ.
- Παράδειγμα αυτού του τύπου ΣΔΙΤ αποτελούν το Τούνελ της Μάγχης ανάμεσα σε Γαλλία και Αγγλία, η κατασκευή νέου αυτοκινητόδρομου στην Ανατολική Ευρώπη (π.χ. ο M5 στην Ουγγαρία), η γέφυρα που συνδέει τον Τάγο στην Πορτογαλία κ.α.
- Τύπος ΣΔΙΤ με τη δημιουργία κοινής επιχείρησης (Joint Venture)
  - Η δημιουργία κοινών επιχειρήσεων ως αποτέλεσμα της συνεργασίας δημοσίου και ιδιωτικού τομέα αποτελεί εναλλακτική λύση στην εξ ολοκλήρου ιδιωτικοποίηση.
  - Στο τύπο αυτό συνεργασίας οι δημόσιοι και ιδιωτικοί οργανισμοί αναλαμβάνουν τη συνυπευθυνότητα και τη συνιδιοκτησία για την παροχή των «έργων υποδομής» και των υπηρεσιών.
  - Απόρροια αυτού είναι ότι η συμμετοχή του ιδιωτικού τομέα είναι μικρότερη του 100%.
  - Οι εταίροι του ιδιωτικού και δημόσιου τομέα σ' αυτό το τύπο συνεργασίας μπορούν είτε να σχηματίσουν μια νέα εταιρία είτε να διεκδικήσουν την από κοινού ιδιοκτησία μιας υφιστάμενης εταιρίας.
  - Σε κάθε περίπτωση είναι απαραίτητο η εταιρία να είναι ανεξάρτητη από τη δημόσια αρχή.
  - Η κυβέρνηση, στο τύπο ΣΔΙΤ με Joint Venture, αποτελεί τον τελικό ρυθμιστή, αλλά, επίσης, αποτελεί και έναν ενεργό μέτοχο στην εταιρία. Από αυτή τη σκοπιά, μπορεί να συμμετάσχει στη διανομή των κερδών της εταιρίας που εκμεταλλεύεται το «έργο υποδομής» και να βοηθήσει στη διασφάλιση της ευρύτερης πολιτικής αποδοχής των προσπαθειών της συνεργασίας. Ο ιδιωτικός τομέας, συχνά, έχει την πρωταρχική ευθύνη για την διεκπεραίωση των καθημερινών λειτουργιών management.
  - Παραδείγματα αυτής της μορφής μπορούν συνήθως να αναζητηθούν σε «έργα υποδομής», όπου οι εγκαταστάσεις της υποδομής είναι (ολικώς ή μερικώς) κυβερνητικής ιδιοκτησίας (π.χ. αεροδρόμια) ή όπου απαιτείται ισχυρή από κοινού δέσμευση όλων των αντισυμβαλλόμενων μερών, συμπεριλαμβανομένων και των κυβερνήσεων, για την επιτυχή έκβαση του έργου. Γνωστά παραδείγματα αποτελούν το εμπορευματικό αεροδρόμιο στο Vatry της Γαλλίας, η παραχώρηση για το νέο

τερματικό στο αεροδρόμιο του Petersburg στη Ρωσία και το τούνελ του Mont Blanc ανάμεσα στη Γαλλία και την Ιταλία.

- Υβριδικές Μορφές ΣΔΙΤ

- Πέρα από τις δύο παραπάνω μορφές ΣΔΙΤ, υπάρχουν και άλλοι τύποι που δεν μοιάζουν με κανένα εκ των δύο προαναφερθέντων. Αυτοί μπορούν κάλλιστα να χαρακτηρισθούν ως υβριδικές μορφές ΣΔΙΤ.
- Μια από τις βασικές κατηγορίες αυτού του τύπου ΣΔΙΤ αποτελούν οι συμβάσεις ΟΜ (Operation & Maintenance), στο πλαίσιο των οποίων ο δημόσιος τομέας αναθέτει σ' ένα ιδιωτικό οργανισμό να διεκπεραιώσει ένα ή περισσότερα συγκεκριμένα καθήκοντα ή υπηρεσίες για μια χρονική περίοδο από πέντε έως επτά έτη. Ο δημόσιος τομέας παραμένει ο πρωταρχικός παροχέας της υπηρεσίας και της ανάλογης υποδομής είναι υπεύθυνος για την χρηματοδότηση των απαιτούμενων κεφαλαιακών επενδύσεων για την επέκταση και βελτίωση του συστήματος και μόνο παραχωρεί με συμβάσεις τμήματα της λειτουργίας στον ιδιωτικό οργανισμό. Ο ιδιωτικός τομέας, από την άλλη μεριά, οφείλει να προσφέρει την υπηρεσία στο συμφωνηθέν κόστος και πρέπει τυπικά να συμβαδίσει με τις προδιαγραφές επίδοσης, οι οποίες καθορίζονται από το δημόσιο τομέα.
- Μία δεύτερη βασική κατηγορία αυτών των ΣΔΙΤ συνιστούν οι συμβάσεις BOT (Build-Operate-Transfer) που σχεδιάζονται για να φέρουν την ιδιωτική επένδυση στην κατασκευή νέων εγκαταστάσεων υποδομής ή στην σημαντική ανακαίνιση (ανανέωση) υπάρχοντων εγκαταστάσεων. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αυτή η μορφή αντιστοιχεί στην Μεγάλη Βρετανία στο Private Finance Initiative (PFI). Κατά τις συμβάσεις αυτές, ο ιδιωτικός τομέας χρηματοδοτεί, κατασκευάζει και λειτουργεί μία νέα εγκατάσταση ή σύστημα υποδομής ανάλογα των προδιαγραφών επίδοσης που ορίστηκαν από την κυβέρνηση. Η περίοδος λειτουργίας είναι αρκετά μεγάλη συνήθως κυμαίνεται ανάμεσα σε 10 με 20 έτη. Η κυβέρνηση διατηρεί την ιδιοκτησία των εγκαταστάσεων υποδομής, γίνεται ταυτόχρονα ο πελάτης και ο ρυθμιστής της υπηρεσίας και είναι τελικά υπεύθυνος για την παροχή στο καταναλωτικό κοινό της υπηρεσίας που αποτελεί το αντικείμενο της σύμβασης.
- Οι συμβάσεις BOT τείνουν να αποδίδουν σε νέες εγκαταστάσεις που απαιτούν ουσιώδη χρηματοδότηση, όπως για παράδειγμα υδραγωγεία ή βιολογικούς καθαρισμούς. Συνήθως, οι συμβάσεις BOT εμπεριέχουν την κατασκευή και λειτουργία μίας μόνο εγκατάστασης όχι ολόκληρου του συστήματος.
- Η εφαρμογή των υβριδικών μορφών ΣΔΙΤ (που συνοψίζονται στο μεγαλύτερο ποσοστό του στις δύο παραπάνω περιγραφείσες κατηγορίες) εμφανίζεται να κερδίζει διαρκών όλο και περισσότερο έδαφος στη σημερινή εποχή σε έργα που είναι σχετικά πολύπλοκα και με διακριτά επιμέρους τμήματα. Παραδείγματα είναι η κατασκευή της γέφυρας Δανίας-Σουηδίας, το Westerscheldetunnel στην Ολλανδία και η κατασκευή σιδηρόδρομου μεγάλων ταχυτήτων Βρυξελλών-Ολλανδίας.

### Ε-3.3 Οι τύποι των ΣΔΙΤ

Στη διάρκεια των 25 και πλέον χρόνων εφαρμογής των ΣΔΙΤ, δοκιμάστηκαν διάφορες μορφές. Οι πιο διαδεδομένες είναι οι εξής:

- **B.O.T. (Build – Operate – Transfer)** και **B.O.O.T. (Build – Own-Operate – Transfer)**
  - το έργο ανήκει είτε σε κρατικούς φορείς (B.O.T) ή σε Ιδιώτη (B.O.O.T.)
  - ο ιδιώτης κατασκευάζει, συντηρεί & λειτουργεί το έργο
  - υπάρχει προκαθορισμένη περίοδος εκμετάλλευσης (παραχώρησης)
  - ο ιδιώτης μετά τη λήξη της μεταβιβάζει στο Δημόσιο τη λειτουργία (B.O.T.) ή ιδιοκτησία (B.O.O.T.)
  - ο ιδιώτης είναι υπεύθυνος για τμήμα ή το σύνολο της χρηματοδότησης του έργου.
- **D.B.F.O. (Design-Build-Finance-Operate)**
  - ο ιδιώτης σχεδιάζει, κατασκευάζει, συντηρεί & λειτουργεί το έργο
  - ο ιδιώτης είναι υπεύθυνος για το σύνολο της χρηματοδότησης του έργου.
  - υπάρχει προκαθορισμένη περίοδος σύμβασης διαχείρισης
  - το Δημόσιο πληρώνει τον Ιδιώτη για τις υπηρεσίες που παρέχονται κατά τη διάρκεια της σύμβασης
  - ο ιδιώτης μετά τη λήξη της μεταβιβάζει την ιδιοκτησία στο Δημόσιο
  - είναι το βασικό μοντέλο συμβάσεων υποδομών και ανάπτυξης παγίων Δημοσίου, όταν οι δυνατότητες παράπλευρης εμπορικής εκμετάλλευσης είναι αρχικά άγνωστες & ίσως περιορισμένες
- **B.T.O. (Build-Transfer-Operate)**
  - ο ιδιώτης σχεδιάζει, κατασκευάζει, συντηρεί & λειτουργεί το έργο
  - ο ιδιώτης είναι υπεύθυνος για το σύνολο της χρηματοδότησης του έργου.
  - μετά την αποπεράτωσή του, η ιδιοκτησία του μεταβιβάζεται στο Δημόσιο
  - υπάρχει προκαθορισμένη περίοδος σύμβασης μίσθωσης
- **B.O.O. (Build-Own-Operate)**
  - το έργο είναι κοινωνικού χαρακτήρα και ανήκει σε κρατικούς φορείς
  - ο ιδιώτης σχεδιάζει, κατασκευάζει, συντηρεί & λειτουργεί το έργο
  - ο ιδιώτης είναι υπεύθυνος για το σύνολο της χρηματοδότησης του έργου.
  - υπάρχει προκαθορισμένη μακρά περίοδος σύμβασης λειτουργίας
  - ο ιδιώτης έχει την ιδιοκτησία του έργου και το Δημόσιο προσδιορίζει προδιαγραφές λειτουργίας που αφορούν στις προσφερόμενες υπηρεσίες, τους κανόνες ασφάλειας και το ανώτατο επίπεδο τυχόν τελών χρήσης του έργου. (π.χ. διόδια)
- **B.B.O. (Buy-Build-Operate)**
  - το Δημόσιο πουλάει υφιστάμενες εγκαταστάσεις κοινής ωφέλειας σε ιδιώτες, με σκοπό την υλοποίηση πρόσθετων επενδύσεων (ανακαίνιση-επέκταση) σε αυτές,
  - ο ιδιώτης είναι υπεύθυνος για το σύνολο της χρηματοδότησης του έργου.
  - ο ιδιώτης λειτουργεί το έργο ως εποπτευόμενο από το κράτος κερδοφόρα κοινωφελής οντότητα.
- **L.R.O. (Lease-Rehabilitate-Operate)**
  - το Δημόσιο είναι ιδιοκτήτης του έργου



- ο ιδιώτης ενουικιάζει υφιστάμενες εγκαταστάσεις από το Δημόσιο,
  - ο ιδιώτης είναι υπεύθυνος για το σύνολο της χρηματοδότησης του έργου.
  - ο ιδιώτης αναλαμβάνει τη λειτουργία και εκμετάλλευσή τους
  - υπάρχει προκαθορισμένη περίοδος σύμβασης μίσθωσης
- **B.O.L.T. (Build-Own-Lease-Transfer)**
    - ο ιδιώτης είναι υπεύθυνος για το σύνολο της χρηματοδότησης του έργου.
    - ο Ιδιώτης μισθώνει το έργο με τη μορφή leasing στο Δημόσιο.
    - το Δημόσιο καταβάλλει περιοδικές πληρωμές στον ιδιώτη,
    - σταδιακά μεταβιβάζεται η ιδιοκτησία του έργου στο Δημόσιο
    - στο τέλος της περιόδου το Δημόσιο είναι ο ιδιοκτήτης του έργου, ή το αγοράζει με τίμημα, που έχει προσδιοριστεί στη σύμβαση leasing.
    - κατά την περίοδο μίσθωσης, τη λειτουργία του έργου αναλαμβάνει το Δημόσιο ή ο ιδιώτης
  - **O.M. (Private Services Contract: Operation and Maintenance)**
    - το Δημόσιο είναι ιδιοκτήτης του έργου
    - το Δημόσιο αναθέτει σε ιδιώτη την λειτουργία και συντήρηση ενός έργου,
    - το Δημόσιο διατηρεί την ιδιοκτησία και τη διοίκηση.
  - **O.M.M. (Private Services Contract: Operation, Maintenance and Management)**
    - σύμβαση παροχής «ολοκληρωμένων» υπηρεσιών
    - το Δημόσιο είναι ιδιοκτήτης του έργου
    - το Δημόσιο αναθέτει σε ιδιώτη την λειτουργία, συντήρηση και διοίκηση ενός έργου,
    - το Δημόσιο διατηρεί την ιδιοκτησία.

**Πίνακας Ε-3.1.** Εναλλακτικές μορφές ΣΔΙΤ (World Bank, 1997)

Επιλογή	Χρηματοδότηση	Λειτουργία - Συντήρηση	Εμπορικός κίνδυνος	Κυριότητα στοιχείου	Διάρκεια (έτη)
Σύμβαση Υπηρεσιών	Δημόσιο	Δημόσιο & Ιδιώτης	Δημόσιο	Δημόσιο	1- 2
Σύμβαση Διαχείρισης	Δημόσιο	Ιδιώτης	Δημόσιο	Δημόσιο	3 - 5
Σύμβαση Παραχώρησης	Ιδιώτης	Ιδιώτης	Ιδιώτης	Δημόσιο	25 – 30
PFI/DBFO	Ιδιώτης	Ιδιώτης	Δημόσιο & Ιδιώτης	Δημόσιο & Ιδιώτης	20 – 30
Ιδιωτικοποίηση	Ιδιώτης	Ιδιώτης	Ιδιώτης	Δημόσιο & Ιδιώτης	-

**Πίνακας Ε-3.2.** Κατανομή ρόλων μεταξύ του Δημοσίου και του Ιδιώτη (Kanakoudis et al., 2005 a,b)

ΦΑΣΕΙΣ «ΕΡΓΟΥ»	ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟΣ ΤΡΟΠΟΣ	ΣΔΙΤ
Σχεδιασμός και καθορισμός προδιαγραφών «έργου»	Δημόσιο	Δημόσιο
Εκπόνηση των απαραίτητων μελετών	Δημόσιο	Ιδιώτης
Κατασκευή	Δημόσιο	Ιδιώτης
Χρηματοδότηση	Δημόσιο	Ιδιώτης

Λειτουργία	Δημόσιο	Ιδιώτης
Ευθύνη για τις παρεχόμενες υπηρεσίες	Δημόσιο	Ιδιώτης στο Δημόσιο

**Πίνακας Ε-3.3.** Κίνδυνοι και κατανομή τους (Kanakoudis et al., 2005 a,b)

Κίνδυνοι Βάσης	Κίνδυνοι Υποβάθρου	Κίνδυνοι Δαπανών (κατασκευή, συντήρηση, λειτουργία)	Μέθοδοι υλοποίησης	Βαθμός Μεταφοράς Κινδύνου (Δημόσιο → Ιδιώτης)
Τεχνικός Οικονομικός Χρηματοδοτικός Εκμετάλλευσης Εισοδήματος	πολιτικοί, νομικοί, ρυθμιστικοί νομισματικοί, μακροοικονομικοί ανωτέρα βία	προετοιμασίας, κοινωνικής αποδοχής, σχεδιασμού, κατασκευής, επισκευής, αποκατάστασης, διαχείρισης, τεχνικοί κίνδυνοι λειτουργίας	Παραδοσιακός Outsourcing ΣΔΙΤ Ιδιωτικοποίηση	Min ↓ Max

Οι διαφορές μεταξύ τους προκύπτουν από την κατανομή μεταξύ των εταιρών των επιμέρους αντικειμένων και των κινδύνων της συνεργασίας και από το ποιος διατηρεί την κυριότητα των παγίων (πίνακες Ε-3.1, Ε-3.2, Ε-3.3). Ενώ υπάρχουν αρκετές διαφορές, όλες οι μορφές ΣΔΙΤ διατηρούν ένα ελάχιστο κοινό περιεχόμενο, με τα ακόλουθα στοιχεία: α) μακρά διάρκεια της έννομης σχέσης, β) ολική ή μερική ιδιωτική χρηματοδότηση, συχνά με πολύπλοκα σχήματα, γ) πρωταρχικός ρόλος του ιδιώτη, που διασφαλίζει τις οικονομικές παραμέτρους του έργου, σε αντιδιαστολή με το ρόλο του Δημοσίου, που διασφαλίζει το δημόσιο συμφέρον (καθορίζοντας τους στόχους, την ποιότητα και την πολιτική τιμών), δ) κατανομή κινδύνων μεταξύ του Δημοσίου και του Ιδιώτη, στον οποίο μετατίθεται η διαχείριση αστάθμητων παραγόντων, που στα «παραδοσιακά» δημόσια έργα βαρύνουν την αναθέτουσα αρχή και κατά συνέπεια το Δημόσιο (Kanakoudis et. al, 2005 a,b,c).

### Ε-3.4 Οι ΣΔΙΤ και ο τομέας του αστικού νερού

Η ιδέα των ΣΔΙΤ για την υλοποίηση κοινωφελών «έργων», είναι πολύ παλιά, τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Ελλάδα. Οι πρώτες ΣΔΙΤ στην Ελλάδα ήταν οι συμβάσεις των ΟΥΛΕΝ και POWER που κατασκεύασαν και διαχειρίστηκαν αρχικά, το υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας και το εθνικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας αντίστοιχα. Οι συμβάσεις αυτές ξεκίνησαν στα τέλη της δεκαετίας του 20, πολύ πριν την ψήφιση του Ν.3389/005 που όρισε το κανονιστικό πλαίσιο των ΣΔΙΤ στην Ελλάδα. Σήμερα οι ΣΔΙΤ σε παγκόσμιο επίπεδο επεκτείνονται σχεδόν σε κάθε μορφή έργου (Kanakoudis et al., 2005b). Ένα από τα πλέον πρόσφατα πεδία εφαρμογής τους αποτελούν οι υπηρεσίες παροχής πόσιμου νερού.

Οι επιχειρήσεις ύδρευσης στον αναπτυσσόμενο κόσμο αντιμετωπίζουν υψηλά επίπεδα Μη-Ανταποδοτικού Νερού (Non-Revenue Water) που είναι η διαφορά μεταξύ της ποσότητας που εισέρχεται στο δίκτυο και αυτής που τελικά αποφέρει έσοδα. Οι απώλειες εσόδων λόγω του επιπέδου του NRW παγκοσμίως έχουν υπολογιστεί σε 15 δις US\$/έτος. Το 40% αυτών συμβαίνουν στον αναπτυσσόμενο κόσμο, όπου 16,1 δις m<sup>3</sup> χάνονται κάθε χρόνο, ποσότητα ικανή για να τροφοδοτήσει 200 εκατομμύρια ανθρώπους (πίνακας Ε-3.4). Επιπλέον 10,6 δις m<sup>3</sup> παρέχονται κάθε χρόνο (πίνακας Ε-3.5) αλλά δεν αποφέρουν έσοδα εξαιτίας διαφόρων αιτιών (Liemberger et al., 2007). Τα παραπάνω δεδομένα επηρεάζουν αρνητικά την

οικονομική βιωσιμότητα των εταιρειών ύδρευσης, και την ικανότητά τους να χρηματοδοτήσουν απαραίτητες υπηρεσίες.

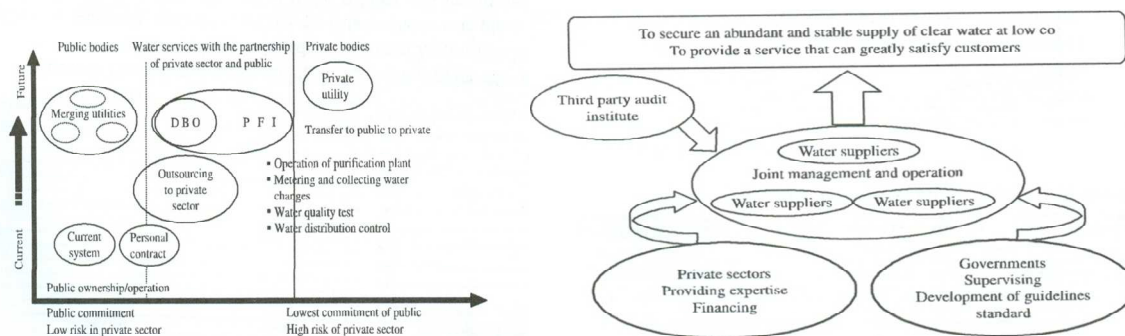
**Πίνακας Ε-3.4.** Εκτιμώμενη Αξία του NRW (Liemberger et al., 2007)

Χώρες	Κόστος νερού marginal (US\$/m <sup>3</sup> )	Μέση χρέωση (US\$/m <sup>3</sup> )	Κόστος φυσικών απωλειών	Απώλεια εσόδων λόγω φανερών απωλειών	Συνολικό κόστος NRW
Αναπτυγμένες	0,30	1,00	2,9	2,4	5,3
Ευρασία (CIS)	0,30	0,50	2,0	1,5	3,5
Αναπτυσσόμενες	0,20	0,25	3,2	2,6	5,8
		ΣΥΝΟΛΟ	8,1	6,5	14,6

**Πίνακας Ε-3.5.** Όγκος του NRW (δις m<sup>3</sup>/έτος) (Liemberger et al., 2007)

χώρες	Εξυπηρετούμενος Πληθυσμός, εκατομμύρια (2002)	Όγκος Εισερχόμενου Νερού (SIV) l/κάτοικο/ημέρα	ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ NRW					
			NRW % SIV	Ποσοστό (%)		Όγκος, δις. m <sup>3</sup> /έτος		Συνολικό NRW
				Πραγματικές Απώλειες	Φανερές Απώλειες	Πραγματικές Απώλειες	Φανερές Απώλειες	
Αναπτυγμένες	744,8	300	15	80	20	9,8	2,4	12,2
Ευρασία (CIS)	178	500	30	70	30	6,8	2,9	9,7
Αναπτυσσόμενες	837,2	250	35	60	40	16,1	10,6	26,7
			ΣΥΝΟΛΟ			32,7	15,9	48,6

Σήμερα υπάρχει η τάση ιδιωτικές εταιρείες να εμπλέκονται άμεσα ή έμμεσα στην παροχή υπηρεσιών νερού (σχήμα Ε-3.1). Καθώς η κάθε μορφή συνεργασίας έχει τα δικά της χαρακτηριστικά, είναι απαραίτητη μία ευρεία ανασκόπηση για την επιλογή του βέλτιστου συστήματος διοίκησης για την αντιμετώπιση ειδικά των προβλημάτων εκείνων που σχετίζονται με τις παρεχόμενες υπηρεσίες προς τους χρήστες. Τα υπάρχοντα υδραυλικά έργα θα χρειαστούν ανακαίνιση και τα σχετικά κόστη αναμένεται να αυξηθούν σημαντικά. Καθώς οι ρυθμοί αύξησης της ζήτησης του νερού υπερβαίνουν αυτούς του παρελθόντος, είναι κρίσιμη η συγκέντρωση αναγκαίων πόρων για την συντήρηση και βελτίωση υποδομών. Σήμερα, η υπηρεσία παροχής νερού χρηματοδοτείται κυρίως μέσω των λογαριασμών των χρηστών. Είναι κρίσιμο για τις εταιρείες ύδρευσης να παρέχουν στους πελάτες τους μια πληθώρα πληροφοριών σε θέματα που αφορούν από την ποιότητα του νερού έως τις τιμές χρέωσής του ώστε να κερδίσουν την υποστήριξή τους.



**Σχήμα Ε-3.1.** Τα μοντέλα των ΣΔΙΤ στον τομέα των υπηρεσιών νερού (Magara et al., 2007)

Τα υψηλά επίπεδα του NRW αποτελούν ένδειξη ότι η εταιρεία ύδρευσης δεν διαθέτει τις απαραίτητες τεχνικές και διοικητικές δεξιότητες για να παρέχει αξιόπιστες υπηρεσίες. Η μείωση του NRW δεν είναι εύκολος στόχος αφού είναι σημαντικό να κατανοηθούν τα συστατικά του και ταυτόχρονα απαιτούνται νέες τεχνικές και λειτουργικές πρακτικές. Εκτιμώντας την απώλεια εσόδων που σχετίζεται με το NRW, είναι δυνατόν να κριθεί κατά πόσο μία προσπάθεια μείωσης του είναι οικονομικά ανταποδοτική. Υπάρχουν όμως και θέματα που έχουν να κάνουν με έμφυτες αδυναμίες των εταιρειών ύδρευσης (κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες), όπου αυτές:

- συχνά λειτουργούν κάτω από ένα πλαίσιο αδύναμης διαχείρισης και χρηματοδότησης, όπου οι διαχειριστές της εταιρείας αναγκάζονται να αντιμετωπίζουν πολιτικά και οικονομικά εμπόδια,
- παρέχουν υπηρεσίες στους πελάτες τους χρησιμοποιώντας ξεπερασμένες υποδομές, και
- συχνά απουσιάζουν τα κατάλληλα κίνητρα και η εξειδικευμένη διοικητική και τεχνική εμπειρία απαραίτητη για να εφαρμόσουν ένα αποτελεσματικό πρόγραμμα μείωσης του NRW.

Καθώς οι εταιρείες ύδρευσης στις χώρες αυτές δεν έχουν συνήθως την ικανότητα και τα κίνητρα για να υιοθετήσουν προγράμματα μείωσης του NRW, χρειάζονται εξωτερική βοήθεια. Μία πιθανή πηγή βοήθειας είναι ο ιδιωτικός τομέας, όπου η συμμετοχή μπορεί να πάρει διάφορες μορφές, από μακροπρόθεσμα ΣΔΙΤ με συμβόλαια υπηρεσιών έως υπεργολαβίες με συγκεκριμένο στόχο. Ο ιδιωτικός τομέας προσφέρει ανάλογα με την επιλογή συνεργασίας: α) νέα τεχνολογία και την τεχνογνωσία για την χρήση της, β) καλύτερα κίνητρα για την προβλεπόμενη απόδοση, γ) δημιουργικές λύσεις για τον σχεδιασμό και την εφαρμογή του προγράμματος, δ) κατάλληλους ανθρώπινους πόρους, ε) ευελιξία εργασίας πεδίου, και στ) επενδύσεις υπό ορισμένες συνθήκες.

Το βασικό μήνυμα που συνήθως παραβλέπεται, είναι ότι η μείωση του NRW εντάσσεται στο πλαίσιο αναμόρφωσης της εταιρείας. Ο σχεδιασμός ενός προγράμματος μείωσης του NRW πρέπει να προβλέπει κίνητρα προς το προσωπικό για την επίτευξη του στόχου και να εξασφαλίζει ότι συνάδουν με τον στόχο ανάπτυξης μιας εταιρείας που καλύπτει τις ανάγκες των πελατών της.

### **E-3.5 Συμβόλαια σύνδεσης αμοιβής-απόδοσης**

Τα συμβόλαια σύνδεσης αμοιβής-απόδοσης (Performance Based Service Contracts - PBSC) είναι μία νέα ευέλικτη μορφή συνεργασίας των δημόσιων εταιρειών ύδρευσης με Ιδιώτες συμβούλους εξειδικευμένους στη μείωση των επιπέδων του NRW. Αποτελεί εξέλιξη της μορφής ΣΔΙΤ OMM, όπου ο σύμβουλος αναλαμβάνει να εφαρμόσει ένα πρόγραμμα μείωσης του NRW που αποφέρει κέρδος στην εταιρεία ύδρευσης μέσω της επακόλουθης μείωσης των εξόδων ή/και αύξησης των εσόδων της. Ποσοστό αυτού του κέρδους (αποτελεί αντικείμενο διαπραγμάτευσης) λαμβάνει ο Σύμβουλος ως αμοιβή, που εξαρτάται από το αν συμμετείχε μόνο στην μεταφορά τεχνογνωσίας και στην επίβλεψη εφαρμογής του προγράμματος μείωσης του NRW, ή και στο κόστος των παρεμβάσεων. Παρότι τα PBSC μπορούν να συμβάλλουν στην προσπάθεια μείωσης του NRW, με άμεσα λειτουργικά και

οικονομικά οφέλη, όταν υπάρχει ισορροπία μεταξύ των ρόλων των δύο εταίρων (εταιρεία ύδρευσης και σύμβουλος), δεν πρέπει να θεωρηθούν το υποκατάστατο που θα φέρει τις ευρύτερες απαραίτητες διοικητικές μεταρρυθμίσεις για τη διασφάλιση της βιωσιμότητας της εταιρείας ύδρευσης. Η καταλληλότητα σύναψης PBSC εξαρτάται από το επίπεδο του ρίσκου που ο Ιδιώτης θέλει ή μπορεί να αναλάβει. Αν και το PBSC είναι ένας σχετικά νέος θεσμός στον τομέα των υπηρεσιών παροχής πόσιμου νερού στον αναπτυσσόμενο κόσμο, χρησιμοποιείται ευρύτατα σε άλλους τομείς ως εργαλείο βελτίωσης της αποδοτικότητας. Τα κύρια θέματα σε ένα PBSC είναι ο σχεδιασμός της σύμβασης, οι πρακτικές διαχείρισης, οι επιλογές outsourcing, η τεχνική βοήθεια και η διαχείριση του κινδύνου (Liemberger et al., 2007).

Η εξάλειψη του NRW είναι τεχνικά αδύνατη. Η μείωσή του στις αναπτυσσόμενες χώρες κατά 50% είναι ένας ρεαλιστικός στόχος. Στόχοι τέτοιου μεγέθους, παρόλο που βασίζονται σε εκτιμήσεις, προσελκύουν χορηγούς. Αν και καλοσχεδιασμένα προγράμματα μείωσης του NRW, προσφέρουν συμφέρουσες αποπληρωμές, κάθε τέτοια «επένδυση» πρέπει να εκτιμηθεί με βάση το Εσωτερικό της Επιτόκιο Απόδοσης (Internal Rate of Return) (Kanakoudis et al., 2007). Για να έχει πιθανότητες να πετύχει ένα PBSC απαιτείται η προετοιμασία καλών συμβάσεων, ο σωστός προσδιορισμός της υφιστάμενης κατάστασης (σημερινά επίπεδα του NRW) και να τεθούν ρεαλιστικοί στόχοι, που δεν προκαλούν ούτε «ασφυξία» στον Ιδιώτη Σύμβουλο, αλλά ούτε δεύτερες σκέψεις στη δημόσια εταιρεία ύδρευσης για το αν άξιζε τελικά το εγχείρημα.

Σε διεθνές επίπεδο υπάρχουν επιτυχημένα παραδείγματα εφαρμογής των PBSC για τη μείωση των επιπέδων του NRW (Liemberger et al., 2007). Οι παράγοντες που χρησιμοποιούνται στην ex-ante αξιολόγησή τους είναι: α) ο ρόλος του ιδιώτη, β) τα κίνητρα, γ) η ευελιξία (σε ποιο βαθμό η σύμβαση επιτρέπει τον ιδιώτη να είναι δημιουργικός στον σχεδιασμό και εφαρμογή των δράσεών του), δ) οι δείκτες απόδοσης, ε) οι διαδικασίες προμηθειών και στ) η βιωσιμότητα. Μία PBSC πρέπει να είναι ξεκάθαρη σχετικά με το τι αναμένει η εταιρεία ύδρευσης από τον Ιδιώτη και πώς εννοεί την επιτυχία. Μία σύμβαση μείωσης του NRW πρέπει να περιλαμβάνει οδηγίες για την μεταφορά του κινδύνου, καθώς και για τους μετρήσιμους δείκτες επίτευξης των στόχων. Πρέπει να θέτει ρεαλιστικούς στόχους και να επιτρέπει την ευελιξία για την ανταπόκριση σε ευκαιρίες και προκλήσεις. Χρειάζεται λοιπόν καλή προπαρασκευή. Κρίσιμη είναι η ανάπτυξη στρατηγικής που να βασίζεται στην εκτίμηση (sound baseline assessment) των πηγών και των μεγεθών του NRW, καθώς και των βραχυπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων αποτελεσμάτων (π.χ. επίτευξη βραχυπρόθεσμων μειώσεων σε αντίθεση με το πώς να διατηρηθούν χαμηλά τα επίπεδα του NRW μακροπρόθεσμα). Κατά τη φάση ανάπτυξης της στρατηγικής, απαιτείται συνεργασία των εταίρων. Πρέπει να δημιουργηθεί ένα πλαίσιο κινήτρων ενθάρρυνσης του Ιδιώτη να παρέχει τις υπηρεσίες του με τον πιο ανταποδοτικό τρόπο, με κατάλληλη κατανομή των κινδύνων.

Οι PSBC ήδη εφαρμόζονται και σε έργα μικρού μεγέθους για την μείωση του NRW, (McKenzie et al., 2007), αποδεικνύοντας ότι αυτή η μορφή ΣΔΙΤ είναι αποτελεσματική και σε έργα μικρού μεγέθους και όχι μόνο σε mega-projects υποδομής που συνήθως απασχολούν τις εταιρείες ύδρευσης. Η χρηματοδότηση ενός mega-project παραμένει κρίσιμο σημείο, καθώς λίγοι ιδιωτικοί εταίροι θέλουν ή μπορούν να αναλάβουν τον εμπλεκόμενο οικονομικό ρίσκο. Όσοι μπορούν να το κάνουν, πρέπει να βρουν κατάλληλη ασφάλεια για το έργο με αποτέλεσμα να ίσως να πρέπει να περιμένουν μέχρι το πρώτο έργο να κλείσει πλήρως πριν ασχοληθούν με το επόμενο. Η πρακτική αυτή μπορεί να καθυστερήσει μελλοντικά έργα για

πολλούς μήνες αν όχι για χρόνια απλά επειδή οι απαραίτητοι πόροι δεν είναι διαθέσιμοι. Ακόμη και με ένα κανονικό τραπεζικό δάνειο, η χρηματοδότηση μπορεί εξασφαλιστεί μετά από πολλούς μήνες. Σε αυτήν την περίπτωση το PBSC καλείται σύμβαση ανταμοιβής ρίσκου (risk-reward), χωρίς να σημαίνει ότι είναι τύπου 50/50 (ισοκατανομή ρίσκου). Υπάρχουν παραδείγματα έργων 86/14 προς όφελος της δημόσιας εταιρείας ύδρευσης (McKenzie et al., 2007). Σε μία σύμβαση ανταμοιβής ρίσκου η επιλογή μίας κοινωνικά αποδεκτής κατανομής ρίσκου είναι κρίσιμη και απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό. Η υλοποίησης συνήθως περιλαμβάνει 5ετείς περιόδους διαδοχικής εφαρμογής όπου οι στόχοι πρέπει σταδιακά να επιτυγχάνονται, αλλιώς δεν πληρώνεται ο ανάδοχος. Ένα έργο PBSC είναι η πρώτη φάση ενός μακροπρόθεσμου σχεδίου για την μείωση του επιπέδου του NRW σε κανονικά επίπεδα και τη βελτίωση των παρεχομένων υπηρεσιών συνολικά προς το κοινό. Ένα από τα μη αναμενόμενα οφέλη είναι ο προσδιορισμός και η επισκευή πολλών προβλημάτων του δικτύου τα οποία δεν είχαν προσδιοριστεί πριν. Καθώς αυτά τα προβλήματα λύνονται, το δίκτυο λειτουργεί πιο αποτελεσματικά και οι κάτοικοι απολαμβάνουν υψηλότερες πιέσεις και μία πιο αξιόπιστη παροχή. Αυτό είναι ένα επιπρόσθετο και μη αναμενόμενο όφελος.

### **E-3.6 Κρίσιμοι παράγοντες**

Οι ΣΔΙΤ έχουν προσελκύσει πολύ μεγάλο ενδιαφέρον σήμερα. Παγκοσμίως παρά το ότι οι διάφορες χώρες έχουν διαφορετικά επίπεδα εμπειρίας και νομοθεσίας. Η γενική τάση είναι προς την αυξανόμενη σημαντικότητα των ΣΔΙΤ. Διάφοροι παράγοντες όπως η κοινωνική αποδοχή και οι ισχυροί εταίροι θεωρούνται ουσιαστικοί για την επιτυχία. Στο εγγύς μέλλον, η ικανότητα της διοίκησης να δημιουργεί τοπικά ικανότητα για την εφαρμογή των ΣΔΙΤ σε περιφερειακό και τοπικό επίπεδο θα καθορίσει το εύρος της επιτυχίας των ΣΔΙΤ. Όλα δείχνουν ότι τα ΣΔΙΤ θα γίνουν η επικρατέστερη επιλογή στις περισσότερες χώρες με βαριά κληρονομιά δημοσίου τομέα. Το κράτος δεν πρέπει να θεωρεί τις ΣΔΙΤ εύκολες λύσεις ή πανάκεια. Οι δομές του Δημοσίου σε κεντρικό και περιφερειακό επίπεδο πρέπει να αναπτύξουν τις ικανότητες να εκτιμούν μία ιδέα ΣΔΙΤ, να υπολογίζουν τους κινδύνους και τα οφέλη και να επιλέγουν την βέλτιστη λύση προσπαθώντας να ικανοποιήσουν τους βασικούς παράγοντες επιτυχίας (Kanakoudis et al., 2006).

Η αδυναμία του δημόσιου τομέα να χρηματοδοτήσει και να διαχειριστεί τα δημόσια έργα ήταν ο λόγος για την ευρεία χρήση των ΣΔΙΤ αν και η ανάμιξη του ιδιωτικού τομέα στην παροχή νερού, και άλλων αγαθών κοινής ωφέλειας αμφισβητείται ακόμα (Farlam, 2005). Ο Jerome (2004) ανέφερε ότι: «τα αποτελέσματα της ιδιωτικοποίησης του νερού παρουσιάζουν μια μικτή εικόνα με βελτιώσεις στην αξιοπιστία και την ποιότητα των υπηρεσιών και του εξυπηρετούμενου πληθυσμού, αλλά και με περιπτώσεις πολύ υψηλότερων χρεώσεων και περιόδους κοινωνικής αντίδρασης που οδήγησαν σε σχήματα που ακυρώθηκαν». Αν και η εφαρμογή επιτυχημένων ΣΔΙΤ υπόκειται σε σημαντικές προκλήσεις, η πολυπλοκότητά τους και τα εμπλεκόμενα κόστη θα έπρεπε να κάνουν τις κυβερνήσεις να τα χειρίζονται με προσοχή, αναγνωρίζοντας ότι αφενός θέτουν τα ίδια προβλήματα με τις ιδιωτικοποιήσεις και αφετέρου δεν είναι πανάκεια. Το κύριο πρόβλημα στον τομέα του νερού στις αναπτυσσόμενες χώρες είναι οι υψηλές τιμές του NRW και του κόστους του. Η χρήση των PBSC στην μείωση του NRW αποτελεί σήμερα μία επιτυχημένη εφαρμογή. Βασική προϋπόθεση επιτυχίας της οποιας ΣΔΙΤ είναι κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας της, οι εταίροι να ανταλλάξουν ρόλους (role change crosschecking process), ώστε να διαπιστώσουν τα περιθώρια αντοχών του μελλοντικού συνεταίρου τους. Μόνο τότε θα τεθούν ρεαλιστικοί

και δυνητικά επιτεύξιμοι στόχοι για την ΣΔΙΤ. Ούτε στο Δημόσιο συμφέρει η οικονομική ασφυξία που θα προκαλέσουν οι παράλογες απαιτήσεις του στον Ιδιώτη, ούτε στον Ιδιώτη συμφέρει, στο βωμό μεγιστοποίησης του κέρδους του, να χαθεί η κοινωνική συναίνεση της ΣΔΙΤ λόγω των μειωμένων αντισταθμιστικών ωφελειών προς το Δημόσιο.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕΡΟΥΣ Ε**

1. AWWA, 2000. “Principles of water rates, fees and charges”. Manual M1. Denver.
2. CIS-WG2 (WATECO), 2002. “EU Guidance Document: Economics and the Environment. The Implementation Challenge of the WFD”.
3. CIS-WG2 B, Drafting Group Eco 1, 2004. “Information Sheet on Assessment of the Recovery of Costs for Water Services for the 2004 River Basin Characterisation Report”.
4. CIS-WG2 B, Drafting Group Eco 2, 2004. “Assessment of Environmental and Resource Costs in the WFD”.
5. Duke E.M. and A.C. Montoya. 1993. “Trends in water pricing: results of Ernst Young’s national rate surveys”, *Journal of AWWA*, **85**(3), 55-61.
6. Farlam P., 2005. “Assessing Public-Private Partnerships in Africa”, The South African Institute of International Affairs, Nepad Policy Focus Series, Working Together.
7. Flack E., 1981. “Residential water conservation” *Journal of WRPM ASCE*, **107**(1), 85-95.
8. Gleick, P., 2000. *The worlds water 1998-99: The biennial report on freshwater resources*.
9. Görlach B., Interwies E., 2005. “Economic Valuation of Environmental and Resource Costs: the Case of Germany” *Proc. Conf. Ecologic - Institute for International and European Environmental Policy*, Berlin
10. Griffin, R., 2001. “Effective water pricing”, *J. AWWA*, **37**(5), 1335-1347
11. Jerome A., 2004. “Infrastructure privatisation and liberalisation in Africa: The quest for the holy grail or coup de grace?”, Johannesburg, NIEP; 4th Mediterranean Seminar on International Development, Balearic Islands University, Palma de Mallorca.
12. Jowitt P.W. and Chengchao Xu. 1993 “Predicting pipe failure effects in water distribution networks”, *Jour. Water Res. Plan. & Man., A.S.C.E.*, **119**(1), 18-31.
13. Kanakoudis V., Tolikas D., 2001. “The role of leaks and breaks in water networks- Technical and economical solutions”, *J. WSRT-AQUA, IWA*, **50**(5), 301-311.
14. Kanakoudis V., 2004. “Vulnerability based management of water resources systems”, *J. Hydroinformatics, IWA*, **6**(2), 133-156.
15. Kanakoudis, V., Podimata M., Papotis A., 2005a. “PPPs in medium scale water works in the renewable sources energy sector: the Greek experience”, *6th Int. Conf.: Sharing a common vision for our water resources, EWRA*, Menton, France.
16. Kanakoudis, V., Sanopoulos A., Papotis A., 2005b. «The progress of the legislative framework ruling PPPs in EU”, *Opendays2005, Int. Conf., DG Regional Policy*, Invited Speech, Brussels.
17. Kanakoudis, V., Sanopoulos A., Papotis A., 2005c. «PPPs in Greece: the challenge accepted and experience gained”, *Opendays2005, Int. Conf., DG Regional Policy*, Invited Speech, Brussels
18. Kanakoudis V., Papotis A., Sanopoulos A., Gkoutzios V., Binder J., Sward M., Bielinis S., Villamandos A., 2006. “PPP success and suitability factors (PPP-SSF)”, *Opendays2006, Int. Conf., DG Regional Policy*, Invited Speech, Brussels.
19. Kanakoudis V., Podimata M., Papotis A., 2007. “PPPs in the renewable sources energy sector: the Greek experience of a medium-scale hydropower plant”, *Journal European Water*, **17/18**, 41-49.
20. Klawitter, S., 2003. “A Methodical Approach to Multi Criteria Sustainability Assessment of Water Pricing in Urban Areas”. *Proc. Conf. Human Dimensions of Global Env. Change*, Berlin.



21. Liemberger R., Kingdom, W., Marin, P., 2007. “Performance based Non-Revenue Water Reduction Contracts”, *WaterLoss 2007 Int. Conf.*, **3**, 655-664, Bucharest.
22. Maddaus W. 1987 “The Effectiveness of Residential Water Conservation Measures” *Journal of AWWA*, **79**(3), 52-58.
23. Magara Y., Matsui Y., Ohno K., 2007. “New water supply technology and development of water utility management in Japan”, *Journal WSRT-AQUA IWA*, **56**(6-7), 365-373.
24. McKenzie, R., Wegelin, W., Mohajane P., Shabalala S., 2007. „Hidden benefits of small scale performance based PPPs”, *WaterLoss 2007 Int. Conf.*, **3**, 643-654, Bucharest.
25. Murdock S., Albrecht D., Hamm R., K. Backman, 1991. “Role of socio-demographic characteristics in projections of water use” *Journal of WRPM ASCE*, **117**(2), 235-251.
26. Olsen D, and A.L. Highstreet, 1987. “Socioeconomic Factors Affecting Water Conservation in Southern Texas” *Journal of AWWA*, **79**(3), 59-68.
27. Pielen B., Interwies E., 2004. “The Economic Analysis according to the WFD – Status of Implementation. An international exchange of Experience”. *Proc. Conf. Ecologic - Institute for International and European Environmental Policy*, Berlin
28. Schneider M. and E. Whitlatch, 1991. “User-Specific Water Demand Elasticities” *Journal of WRPM ASCE*, **117**(1), 52-73.
29. UN Economic & Social Council, Economic Commission for Africa, 2005. “PPP for service delivery: Water & Sanitation”, 3rd meeting of the Committee on HDCS, Addis Ababa, Ethiopia
30. Wood D. and Ormsbee J. 1989. “Supply identification for water distribution systems”, *A.W.W.A.*, 74-80
31. WWF, 2006. *Water pricing and the recovery of the costs of water services*, WFD economics capacity building seminar. Brussels
32. Κανακούδης Β., 1998. *Ο ρόλος των έκτακτων περιστατικών στη διαμόρφωση κριτηρίων προληπτικής συντήρησης/αντικατάστασης αγωγών σε δίκτυα ύδρευσης*, Διδακτορική Διατριβή, ΑΠΘ.
33. Κανακούδης Β., Γκονέλας Κ. 2009α. «Προσδιορισμός της αξίας του νερού ύδρευσης: σκέψεις και προσεγγίσεις», *Κοινό Συνέδριο 11ο ΕΥΕ & 7ο ΕΕΔΥΠ*, “Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων σε συνθήκες κλιματικών αλλαγών”, (2): 1039-1047, Βόλος
34. Κανακούδης Β., Γκονέλας Κ. 2009β. «Τιμολόγηση αστικού νερού βάσει της αρχής ανάκτησης της πλήρους αξίας του: η κοινωνική διάσταση», *Κοινό Συνέδριο 11ο ΕΥΕ & 7ο ΕΕΔΥΠ*, “Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων σε συνθήκες κλιματικών αλλαγών”, (2): 1077-1085, Βόλος.



**ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**  
**ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ –**  
**ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ**  
**ΕΡΕΥΝΑ**



## Σύνοψη διατριβής

Είναι γεγονός ότι τα προβλήματα που συνδέονται με τους υδατικούς πόρους και την αξιοποίησή τους αυξάνονται. Η έλλειψη νερού και οι γενικότερες συνθήκες κλιματικής αλλαγής καθιστούν το νερό αγαθό σε ανεπάρκεια. Γι' αυτό και η ενασχόληση με το πεδίο έρευνας της διαχείρισης των δικτύων ύδρευσης προέκυψε αφενός από την σπουδαιότητα του νερού ως αγαθού και την ανεπάρκεια που παρουσιάζει και αφετέρου από την απουσία εφαρμογής των μοντέλων διαχείρισης του επιπέδου λειτουργίας των δικτύων ύδρευσης και πρόβλεψης των αστοχιών των αγωγών τους. Η παρούσα διτριβή συνοψίζεται ως εξής:

- Έγινε καταρχήν ανάλυση των εξελίξεων στη διαχείριση των υδατικών πόρων με έμφαση στην Ελλάδα:
  - αναλύοντας την Οδηγία πλαίσιο για τα νερά
  - κάνοντας συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων εφαρμογής της στην Ε.Ε. και στην Ελλάδα
  - καταθέτοντας προτάσεις αντιμετώπισης των προβλημάτων της οδηγίας
- Η διαχείριση των υδατικών πόρων συνδέθηκε με τη διαχείριση των δικτύων αφού οι απώλειες στα δίκτυα αποτελούν εν δυνάμει υδατικό πόρο και γι' αυτό κρίθηκε αναγκαία η αξιολόγηση του επιπέδου λειτουργίας των δικτύων ύδρευσης:
  - έγινε πλήρης ανάλυση των προτεινόμενων από την IWA δεικτών αξιολόγησης του επιπέδου λειτουργίας ενός δικτύου και του μοντέλου «IWA standard Water Balance» της, που αφορά στον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου ενός δικτύου
  - έγινε προσαρμογή του παραπάνω μοντέλου και ανάπτυξη ενός φιλικού προς τον χρήστη εργαλείου για τον υπολογισμό του Υδατικού Ισοζυγίου των δικτύων ύδρευσης στην Ελλάδα, ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί στα ελληνικά δεδομένα
  - έγινε πιλοτική εφαρμογή τόσο του αρχικού, όσο και του προσαρμοσμένου μοντέλου σε δύο δίκτυα ύδρευσης στην Ελλάδα (ΔΕΥΑ Λάρισας, ΔΕΥΑ Κω). Η διαδικασία αυτή γίνεται για πρώτη φορά στην Ελλάδα με στόχο την ποσοτικοποίηση των απωλειών του νερού στα δίκτυα και την εκτίμηση του επιπέδου λειτουργίας τους
- Οι απώλειες νερού στα δίκτυα παίζουν σημαντικό ρόλο και γι' αυτό κρίθηκε αναγκαία η ανάπτυξη μεθοδολογίας πρόβλεψης των αστοχιών στους αγωγούς:
  - έγινε ανάλυση και βελτίωση του μοντέλου πρόβλεψης των αστοχιών των αγωγών με την μέθοδο της Διαχωριστικής Ανάλυσης και Ταξινόμησης (μέθοδος DAC) με την χρήση πολυμεταβλητών

- εφαρμόστηκε αυτό το μοντέλο σε δίκτυα μεταφοράς πετρελαίου και φυσικού αερίου επιβεβαιώνοντας την επιτυχή πρόβλεψη των αστοχιών των αγωγών σε ποσοστό 96,6%
  - έγινε ανάλυση των αστοχιών των αγωγών των δικτύων ύδρευσης με προσομοίωση της μεθόδου Διαχωριστικής Ανάλυσης και Ταξινόμησης η οποία μας οδηγεί στον προσδιορισμό ενός μοντέλου πρόβλεψης των αστοχιών των αγωγών σε δίκτυα ύδρευσης.
  - εντοπίστηκαν τα προβλήματα κατά την εφαρμογή του μοντέλου σε δίκτυα ύδρευσης
- Τέλος παρουσιάστηκαν οι τελευταίες εξελίξεις στον τομέα διαχείρισης του πόσιμου νερού:
    - ανάλυση των συστατικών του κόστους του αστικού νερού
    - πρόταση ολοκληρωμένης μεθοδολογίας υπολογισμού του πλήρους κόστους του αστικού νερού
    - ανάπτυξη θεμάτων τιμολόγησης του αστικού νερού και ο ρόλος των απωλειών νερού στην διαμόρφωση της τιμής του νερού
    - ανάπτυξη μορφών χρηματοδότησης έργων υποδομής (ΣΔΙΤ και PBSC).

Για την πραγματοποίηση των παραπάνω σταδίων της διδακτορικής διατριβής χρησιμοποιήθηκαν πρωτογενή δεδομένα που συλλέχθηκαν από:

- √ τη Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης Λάρισας (Δ.Ε.Υ.Α.Λ.)
- √ τη Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης Κω (Δ.Ε.Υ.Α.Κ.)
- √ το Συμβούλιο Υδατοπρομήθειας Λάρνακας

Τα αποτελέσματα-συμπεράσματα της διδακτορικής διατριβής δύναται να συμβάλλουν στην προσπάθεια μείωσης των απωλειών νερού των δικτύων ύδρευσης και στην λήψη μέτρων μέσα από συγκεκριμένες προτάσεις που κατατέθηκαν για την βελτίωση του επιπέδου λειτουργίας των δικτύων ύδρευσης. Τέλος η προτεινόμενη ολοκληρωμένη μεθοδολογία υπολογισμού του πλήρους κόστους του αστικού νερού θα οδηγήσει προς την εκπλήρωση της υποχρέωσης της Ελλάδας ως κράτος μέλος της Ε.Ε. της ανάκτησης του πλήρους κόστους των υπηρεσιών νερού συμπεριλαμβανομένων και των απωλειών νερού στα δίκτυα.

Η συμβολή της διδακτορικής διατριβής στην επιστημονική περιοχή της διαχείρισης των δικτύων ύδρευσης εστιάζεται στα παρακάτω σημεία:

- χρησιμοποιεί πρωτογενή δεδομένα που συλλέχθηκαν από δύο Δ.Ε.Υ.Α. στην Ελλάδα και μία εταιρεία παροχής νερού στην Κύπρο
- πραγματοποιεί συγκριτική ανάλυση και αξιολόγηση της Οδηγίας πλαίσιο για τα νερά και αναδεικνύει τα προβλήματα εφαρμογής της με έμφαση στην Ελλάδα

- πραγματοποιεί προσαρμογή του μοντέλου της IWA για τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για πρώτη φορά στην Ελλάδα
- προτείνει τροποποιημένο υδατικό ισοζύγιο για εφαρμογή του στην Ελλάδα
- εφαρμόζει το τροποποιημένο υδατικό ισοζύγιο και τους δείκτες απόδοσης σε δύο ΔΕΥΑ στην Ελλάδα
- αντιμετωπίζει και επιλύει τα προβλήματα για την εφαρμογή τους
- βελτιώνει την εφαρμογή της μεθόδου DAC σε δίκτυα πετρελαίου / φυσικού αερίου
- εφαρμόζει την μέθοδο DAC σε δίκτυα ύδρευσης με μεθόδους προσομοίωσης.

## Συμπεράσματα - Προτάσεις

Τα συμπεράσματα που εξάγονται από την διατριβή κατηγοριοποιούνται σε γενικά - θεωρητικά και πρακτικά. Τα γενικά - θεωρητικά συμπεράσματα προέκυψαν σαν αποτέλεσμα της θεωρητικής μελέτης και της εφαρμογής και προσαρμογής των υπαρχόντων μοντέλων. Τα πρακτικά συμπεράσματα προέκυψαν από την προσαρμογή και εφαρμογή των μοντέλων σε δίκτυα ύδρευσης.

Στα γενικά – θεωρητικά συμπεράσματα συμπεριλαμβάνονται:

- ✚ Η διαχείριση των δικτύων ύδρευσης έμμεσα οδηγεί στην διαχείριση των υδατικών πόρων (εξοικονόμηση νερού).
- ✚ Από την ανάλυση της εφαρμογής της Οδηγίας – Πλαίσιο για τα νερά (WFD 2000/60/EC) στα ΚΜ της Ε.Ε. προέκυψαν τόσο θετικά όσο και αρνητικά αποτελέσματα. Από αυτά τα αποτελέσματα τα συμπεράσματα που εξάγονται αφορούν στην έγκαιρη εφαρμογή των απαιτήσεων της οδηγίας από τα περισσότερα ΚΜ παρόλο που υπήρξαν καθυστερήσεις από κάποια από αυτά. Τα μεγαλύτερα προβλήματα αφορούν στην οικονομική ανάλυση και στην παράθεση ελλειπών στοιχείων.
- ✚ Όσον αφορά στην Ελλάδα η κατάσταση που επικρατεί χαρακτηρίζεται από μία νέα λογική στη διαχείριση των υδατικών πόρων. Η νέα κατάσταση συνεπάγεται αλλαγές στη λειτουργία και οργάνωση της διοίκησης. Ταυτόχρονα κυριαρεί η ανάγκη για την ύπαρξη νέων δεδομένων στην ερευνητική, μελετητική, συμβουλευτική και τεχνική δραστηριότητα.
- ✚ Το πρόβλημα των αστοχιών των δικτύων είναι σημαντικό αφού συνέπειά του είναι οι απώλειες νερού. Το μοντέλο της IWA που υπολογίζει το Υδατικό Ισοζύγιο και τους Δείκτες Απόδοσης εφαρμόζεται παγκόσμια για την ύπαρξη κοινής ορολογίας. Το Διεθνές Πρότυπο Υδατικό Ισοζύγιο είναι ένα διαγνωστικό εργαλείο που δίνει τη δυνατότητα στις ΔΕΥΑ να εκτιμήσουν το σύστημά τους και να αναπτύξουν μια αποτελεσματική στρατηγική μείωσης των διαρροών.
- ✚ Για τα Ελληνικά δεδομένα κατατέθηκε πρόταση τροποποιημένου υδατικού ισοζυγίου το οποίο να περιλαμβάνει τη διαφορά παγίου (κατανάλωση που χρεώνεται μείον κατανάλωση που μετρείται) η οποία αποτελεί απώλειες νερού των οποίων το κόστος το ανακτά η Δ.Ε.Υ.Α.
- ✚ Τα προβλήματα που προέκυψαν κατά τη εφαρμογή του Υδατικού Ισοζυγίου και των Δεικτών Απόδοσης αντιμετωπίστηκαν με τη βοήθεια βιβλιογραφικών δεδομένων και χρήσης της εμπειρίας. Επιπλέον πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευαισθησίας για να ελεγχθούν οι μεταβολές των δεικτών.
- ✚ Στις περιπτώσεις που η ζήτηση παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις μεταξύ του ίδιου έτους συνιστάται η ανάλυση του δικτύου σε μικρότερα διαστήματα όπως στην περίπτωση της Κω που έγινε ανάλυση σε εξαμηνιαία βάση.



- ✚ Η μέθοδος DAC εφαρμόστηκε με επιτυχία στην πρόβλεψη των αγωγών σε δίκτυα μεταφοράς πετρελαίου και φυσικού αερίου. Πέτυχε πρόβλεψη αστοχιών μέχρι 96,6%.
- ✚ Η διαθεσιμότητα, η αρτιότητα και η αξιοπιστία των δεδομένων των αγωγών είναι κρίσιμοι παράγοντες για την επιτυχή εφαρμογή της μεθόδου στα δίκτυα ύδρευσης.

Στα **πρακτικά** συμπεράσματα περιλαμβάνονται:

- ✚ Υπό το πρίσμα της Οδηγίας WFD απαιτείται κινητοποίηση όλων των ΚΜ για την έγκαιρη εφαρμογή των απαιτήσεων της Οδηγίας. Όσον αφορά στην Ελλάδα απαιτείται ουσιαστική εφαρμογή της Οδηγίας – Πλαίσιο.
- ✚ Πρόταση χωρισμού της χώρας σε 7 υδατικά διαμερίσματα αντί για 14 που είναι σήμερα για την καλύτερη λειτουργία της διοίκησης στο πλαίσιο των ΛΑΠ.
- ✚ Επιβεβαιώθηκε η εξάρτηση των UARL από την πίεση αφού για το δίκτυο της Κω περισσότερες απώλειες καταγράφονται το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο του κάθε έτους (το εξάμηνο με την χαμηλή ζήτηση).
- ✚ Η κατάταξη των δικτύων ύδρευσης και των δύο Δ.Ε.Υ.Α. στην κατηγορία D αποδεικνύει το γεγονός ότι δεν εφαρμόζεται καμία στρατηγική μείωσης των διαρροών. Στην περίπτωση της Δ.Ε.Υ.Α.Λ. οι προσπάθειες εφαρμογής μέτρων μείωσης των διαρροών απέδωσαν και αυτό επιβεβαιώθηκε και από τον υπολογισμό των δεικτών απόδοσης.
- ✚ Κατατέθηκαν προτάσεις και σχέδιο δράσης για την βελτίωση της λειτουργίας των δικτύων και μείωσης των απωλειών τους.
- ✚ Θεωρείται αναγκαίος ο εξοπλισμός των ΔΕΥΑ με όλες τις τεχνολογικές εξελίξεις (π.χ. σύστημα G.I.S., SCADA, σταθμούς τηλεμετρίας κ.α.) για την παρακολούθηση των δικτύων τους και την καταγραφή όλων των απαραίτητων στοιχείων για την πλήρη ανάλυση και εκτίμηση της αξιοπιστίας των αγωγών τους.
- ✚ Κρίνεται απαραίτητη η δημιουργία βάσης δεδομένων αστοχιών των αγωγών σε εθνικό επίπεδο όπως η αντίστοιχη βάση δεδομένων UKWIR του Ηνωμένου Βασιλείου.
- ✚ Η διαπίστωση του μεγέθους του ρόλου της διαφοράς παγίου και της πραγματικής κατανάλωσης στον δείκτη των πραγματικών απωλειών μπορεί να οδηγήσει σε προτάσεις διαφοροποίησης της τιμολόγησης.
- ✚ Για τον υπολογισμό του κόστους του νερού επιβάλλεται να ληφθεί υπόψη και το κόστος του φυσικού πόρου καθώς και το περιβαλλοντικό κόστος.
- ✚ Ο υπολογισμός της τιμής του νερού είναι ένα επείγον θέμα υπό το πρίσμα των προκλήσεων που προκύπτουν από την κοινοτική Οδηγία Πλαίσιο για τα νερά. Σ' αυτά τα πλαίσια είναι σημαντικό να θεωρηθεί το νερό σαν «αγαθό σε ανεπάρκεια» και να ληφθούν υπόψη η κοινωνική του διάσταση καθώς και η ορθή κατανομή του κόστους.
- ✚ Η διαχείριση των δικτύων ύδρευσης πρέπει να γίνει με όρους κοινωνικής ισότητας και οικονομικής εφικτότητας και ανταποδοτικότητας.

- ✚ Στις περιπτώσεις που το κράτος αδυνατεί να χρηματοδοτήσει έργα υποδομών η χρήση των ΣΔΙΤ πρέπει να μελετάται σαν πιθανή λύση.
- ✚ Ειδικά για την επίλυση των προβλημάτων των απωλειών του νερού τα συμβόλαια σύνδεσης της αμοιβής με την απόδοση (PBSC) απέδειξαν ότι μπορούν να αποτελέσουν μία εφικτή και αποτελεσματική λύση.

## Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Σκοπός της διδακτορικής αυτής διατριβής είναι η βελτίωση και η χρήση μοντέλων για την διαχείριση του επιπέδου λειτουργίας και της αξιοπιστίας των αγωγών και των δικτύων ύδρευσης. Η επέκταση της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε μπορεί να συνεχιστεί στο μέλλον ακολουθώντας τις παρακάτω προτάσεις:

- √ Συνέχιση της ανάλυσης και συγκριτικής αξιολόγησης της Οδηγίας – Πλαίσιο για τα νερά και υιοθέτηση προτάσεων και καλών πρακτικών από άλλα ΚΜ.
- √ Καταγραφή όλων των στοιχείων των δικτύων των ΔΕΥΑ για τον πλήρη και ακριβή υπολογισμό του Τροποποιημένου Υδατικού Ισοζυγίου και των Δεικτών Απόδοσης. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή πιλοτικών προγραμμάτων.
- √ Χρησιμοποίηση τεχνολογικών εξελίξεων (σύστημα G.I.S., SCADA, τηλεμετρία κ.α.) για την πλήρη καταγραφή των αστοχιών των αγωγών ώστε να είναι εφαρμόσιμη η μέθοδος DAC η οποία μπορεί να προβλέψει τις αστοχίες των αγωγών.
- √ Με βάση τα αποτελέσματα της μεθόδου DAC καθώς και μοντέλων εκτίμησης του βέλτιστου χρόνου αντικατάστασης μπορούν να υιοθετηθούν πολιτικές συντήρησης ή αντικατάστασης των αγωγών των δικτύων.



# **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**

## Παράρτημα Α: Δράσεις της Οδηγίας

### ΠΑ-1.1 Δράσεις πρώτης φάσης και αλληλουχία τους

#### ΠΑ-1.1.1. Προσδιορισμός υδατίνων σωμάτων (ΥΣ) – Ένταξη ΥΣ σε Υδατικές Περιφέρειες

##### Προσδιορισμός υδατίνων σωμάτων (ΥΣ)

Η Οδηγία αναφέρεται σε όλες τις κατηγορίες υδάτων, επιφανειακά, υπόγεια, μεταβατικά και παράκτια (σε απόσταση ενός ναυτικού μιλίου για τις βιολογικές και δώδεκα ναυτικών μιλίων για τις φυσικοχημικές παραμέτρους, από την «γραμμή αναφοράς» που προσδιορίζεται από την ακτογραμμή), ανεξαρτήτως μεγέθους και χαρακτηριστικών. Ωστόσο, για λόγους που σχετίζονται με την πρακτική εφαρμογή και τον έλεγχο εφαρμογής της Οδηγίας, όλα τα νερά θα πρέπει να συγκροτηθούν σε «υδάτινα σώματα» (ΥΣ) (κατά τη μετάφραση της Οδηγίας, ο όρος «water body», αποδόθηκε στα ελληνικά ως «σύστημα υδάτων»), τα οποία αποτελούν «διακριτά και σημαντικά» στοιχεία νερού, για τα οποία θα πρέπει να επιτευχθούν οι περιβαλλοντικοί στόχοι της Οδηγίας.

Η διακριτοποίηση των υδατίνων σωμάτων γίνεται μέσω εφαρμογής κριτηρίων σχετικών με τα γεωγραφικά και υδρομορφολογικά χαρακτηριστικά τους και με το αν το υδάτινο σώμα είναι τεχνητό (ΤΥΣ) ή ιδιαιτέρως τροποποιημένο (ΙΤΥΣ). Μία άλλη ομάδα κριτηρίων σχετίζεται με την κατάσταση των υδατίνων σωμάτων, η οποία έχει άμεση σχέση με την ανάλυση πιέσεων και επιπτώσεων, ενώ παράλληλα προστατευόμενες περιοχές ή υδάτινα σώματα τα οποία έχουν σαφώς διαφορετική χρήση, αποτελούν επίσης διακριτά στοιχεία νερού.

##### Διακριτότητα και σημαντικότητα

Ένα διακριτό τμήμα ποταμού, ρέματος, ή τμήμα παράκτιων υδάτων είναι δυνατόν να αποτελεί ένα υδάτινο σώμα. Οι έννοιες της διακριτότητας και της σημαντικότητας δίνουν μια αρχική κατεύθυνση για την διάκριση αυτή, που είναι σαφές ότι δεν πρέπει να είναι αυθαίρετη. Σύμφωνα με τα καθοδηγητικά κείμενα της οδηγίας, διακριτά είναι τα επιφανειακά υδάτινα σώματα όταν:

- Δεν επικαλύπτονται μεταξύ τους
- Δεν αποτελούνται από στοιχεία επιφανειακών υδατίνων σωμάτων τα οποία δεν είναι διαδοχικά
- Ανήκουν σε μία κατηγορία υδατινού σώματος (λίμνη, ποταμός, παράκτια νερά, μεταβατικά νερά)
- Ανήκουν σε ένα τύπο με βάση την τυπολογία

Το τελευταίο κριτήριο που είναι και το σημαντικότερο, προκύπτει από τους στόχους της ίδιας της διάκρισης υδατίνων σωμάτων, βάσει των οποίων ένα υδάτινο σώμα πρέπει να

ανήκει σε ένα τύπο με βάση την τυπολογία που θα προταθεί για την διαφοροποίησή των υδάτινων σωμάτων σε διαφορετικούς τύπους. (παράρτημα II 1.1 (ii) της οδηγίας).

### **Γεωμορφολογικά και Υδρομορφολογικά χαρακτηριστικά**

Τα εν λόγω χαρακτηριστικά πρέπει να αξιοποιούνται κατά την διάκριση των υδάτινων σωμάτων. Ενδεικτικά αναφέρεται πως η συμβολή δύο τμημάτων ενός ποταμού (παραποτάμων) μπορεί να είναι ένα σαφές σημείο διάκρισης των επιφανειακών υδάτινων σωμάτων. Όμως, αν και δεν αναφέρεται καθαρά στον ορισμό του υδάτινου σώματος διαφαίνεται από άλλα στοιχεία της οδηγίας ότι και τμήματα λιμνών ή τμήματα μεταβατικών υδάτων μπορεί να αποτελέσουν διακριτά υδάτινα σώματα, για παράδειγμα, εφόσον ανήκουν σε διαφορετικούς τύπους. Μια λίμνη για παράδειγμα που αποτελείται από ένα σαφώς διακριτό ρηχό τμήμα και ένα βαθύτερο με διαφορετικά τυπολογικά χαρακτηριστικά μπορεί να διακριθεί σε δύο υδάτινα σώματα.

### **ΙΤΥΣ και ΤΥΣ**

Η ύπαρξη ισχυρώς τροποποιημένων ή τεχνητών υδατινών σωμάτων, μπορεί επίσης να αποτελέσει κριτήριο για την διάκριση επιμέρους υδατινών σωμάτων. Για παράδειγμα, (όπως αναφέρεται και στο καθοδηγητικό κείμενο) εξαιτίας της ύπαρξης ενός «διευθετημένου» τμήματος στο μήκος ενός ποταμού προκύπτει η ανάγκη της διάκρισης επιμέρους υδατινών σωμάτων, ώστε το «ισχυρώς τροποποιημένο» να αποτελεί διακριτό υδάτινο σώμα.

### **Οικολογική κατάσταση:**

Ειδικότερα σε ότι αφορά την κατάσταση των υδατινών σωμάτων, η αδυναμία διάκρισής τους βάσει του κριτηρίου αυτού, δυσκολεύει την παρακολούθηση της επιτυχίας της εφαρμογής της οδηγίας συνολικά. Ενδεικτικά αναφέρεται πως αν ένας ποταμός έχει τρία διακριτά τμήματα το καθένα από τα οποία παρουσιάζει σημαντικά διαφορετική κατάσταση που μπορεί με σαφήνεια να διακριθεί, (δηλαδή ένα τμήμα με υψηλή οικολογική κατάσταση, ένα τμήμα με καλή οικολογική κατάσταση και ένα τμήμα με μέτρια οικολογική κατάσταση), αντιμετωπιστεί ως ενιαίο υδάτινο σώμα, τότε χάνεται η δυνατότητα παρακολούθησης και διατήρησης της υψηλής οικολογικής κατάστασης στο αντίστοιχο τμήμα. Αντίθετα, αν επιλεγεί σε αυτή την περίπτωση ως διαχειριστικός στόχος για όλο το ποτάμι η μέση τιμή της οικολογικής κατάστασής του, τότε χάνεται ξανά η δυνατότητα προστασίας του τμήματος με την υψηλότερη οικολογική κατάσταση, ενώ ταυτόχρονα καταστρατηγείται μία από τις βασικές αρχές της Οδηγίας περί διατήρησης της ποιότητας των υδάτων.

Με βάση την λογική της διάκρισης υδατινών σωμάτων εξαιτίας της διαφορετικής οικολογικής τους κατάστασης προκύπτει μια σειρά «παράγωγων» κριτηρίων, τα οποία αφορούν στην ύπαρξη προστατευόμενων περιοχών (διαφορετικοί διαχειριστικοί στόχοι - απαίτηση για επιμέρους διαχειριστικά μέτρα), στην ύπαρξη διαφορετικών – θεσμοθετημένων ή κυρίαρχων χαρακτηριστικών χρήσεων νερού (διαφοροποίηση ποιοτικών και διαχειριστικών στόχων) και στην διαφοροποίηση των πιέσεων (άμεση σχέση με την οικολογική κατάσταση του υδάτινου σώματος).

Η διάκριση σε υδάτινα σώματα, ως το πρώτο ουσιαστικό βήμα για την θέσπιση των στόχων και την οργάνωση των διαχειριστικών σχεδίων των λεκανών, αποτελεί ουσιαστικά μια επαναληπτική διαδικασία με την δυνατότητα αναθεωρήσεων. Αξίζει να επισημανθεί πως

η διάκριση επιμέρους υδατινών σωμάτων για κάθε διαφορετική καταγεγραμμένη κατάσταση, θα δημιουργούσε διαχειριστικά προβλήματα, καθώς θα είχε ως αποτέλεσμα πολλαπλάσιο αριθμό υδατινών σωμάτων, χωρίς να βοηθά στην γενικότερη επίτευξη των στόχων της οδηγίας. Στις περιπτώσεις αυτές προτείνεται η ομαδοποίηση υδατινών σωμάτων με αποτέλεσμα την αποφυγή τέτοιων προβλημάτων, ιδιαίτερα για πολύ μικρά υδάτινα σώματα.

Καθώς δεν γίνεται σαφής αναφορά στο ελάχιστο μέγεθος καθορισμού ενός υδατινού σώματος, αυτό μπορεί έμμεσα να προκύψει βάσει της προτεινόμενης τυπολογίας (Σύστημα Α ή Β) όπου γίνεται αναφορά σε χαρακτηριστικά μεγέθη. Ειδικότερα, για τους ποταμούς αναφέρονται αντίστοιχες λεκάνες απορροής 10-100 km<sup>2</sup>, που αποτελούν την μικρότερη κλάση και για τις λίμνες η μικρότερη κλάση προκύπτει από την ελάχιστη επιφάνεια (0,5-1 km<sup>2</sup>). Τα κράτη μέλη πρέπει να έχουν την ευελιξία να αποφασίζουν κατά περίπτωση με ποιο τρόπο οι στόχοι της οδηγίας μπορεί να επιτευχθούν χωρίς την οριοθέτηση και διάκριση του κάθε μικρού αλλά διακριτού και σημαντικού υδατινού στοιχείου ως υδατινού σώματος. Πάντως, μπορεί κανείς να βασιστεί και στα κριτήρια της σημαντικότητας και διακριτότητας ώστε να εξαιρέσει μη σημαντικά και όχι σαφώς διακριτά υδάτινα σώματα, ενώ είναι δυνατή και η ομαδοποίηση μικρών στοιχείων των επιφανειακών υδάτων με βάση κριτήρια οικολογικής σημαντικότητας, στόχων προστασίας προστατευόμενων περιοχών, και καταγραφής σημαντικών επιπτώσεων στα πλαίσια της λεκάνης απορροής.

#### **Ένταξη ΥΣ σε λεκάνες απορροής και Υδατικές Περιφέρειες – καθορισμός Φορέων Διαχείρισης**

Ο προσδιορισμός των λεκανών απορροής και των υδροφορέων μπορεί να γίνει με τη χρήση τοπογραφικών (ψηφιακό μοντέλο εδάφους) και γεωλογικών – εδαφολογικών δεδομένων. Πιο σύνθετη είναι η διαδικασία ομαδοποίησης των λεκανών και των υδροφορέων καθώς και η ένταξη τμημάτων της παράκτιας ζώνης σε Υδατικές Περιφέρειες. Τα κυριότερα μεθοδολογικά προβλήματα αφορούν στα ακόλουθα:

#### **Επιλογή των κριτηρίων ομαδοποίησης των λεκανών απορροής σε Υδατικές Περιφέρειες – Ένταξη ΥΣ σε Υδατικές περιφέρειες**

Τα κριτήρια που έχουν διερευνηθεί περιλαμβάνουν κλιματολογικά κριτήρια (υγρασία, εξατμισοδιαπνοή, ηλιοφάνεια, θερμοκρασία κλπ), περιβαλλοντικά κριτήρια (βιο-γεωγραφικές περιοχές, κατανομή πανίδας, γεωλογικές συνθήκες κλπ), κοινωνικο-οικονομικά κριτήρια (πυκνότητα πληθυσμού, κυρίαρχος τομέας οικονομικής δραστηριότητας, γλωσσικές και πολιτιστικές διαφορές κλπ) και διοικητικά κριτήρια (εθνικά σύνορα, διοικητική διαίρεση της χώρας, υφιστάμενες δομές κ.λπ.). Ανάλογα με τις εκάστοτε τοπικές συνθήκες διαφοροποιούνται οι συντελεστές βαρύτητας των προαναφερθέντων κριτηρίων, ωστόσο, συνήθως δίνεται καθοριστική βαρύτητα στα διοικητικά κριτήρια και αξίζει να σημειωθεί ότι σε όλες σχεδόν τις χώρες έχουν διαμορφωθεί ήδη προτάσεις ως προς τις Υδατικές Περιφέρειες.

Η ένταξη υδατινών σωμάτων στις αντίστοιχες υδατικές περιφέρειες παρουσιάζει προβλήματα στις περιπτώσεις, όπου ένα υδάτινο σώμα ανήκει σε περισσότερες από μία περιφέρειες. Σύμφωνα με την Οδηγία κάθε υδάτινο σώμα πρέπει να ενταχθεί σε μία μόνο Υδατική Περιφέρεια και ως εκ τούτου για τα μεν επιφανειακά και υπόγεια ύδατα τίθεται θέμα επιλογής της κατάλληλης περιφέρειας, ενώ για τα παράκτια ύδατα το συνηθέστερο κριτήριο είναι αυτό της γειννίας και ο χωρισμός και ένταξη των επιμέρους τμημάτων της παράκτιας



ζώνης στις αντίστοιχες περιφέρειες γίνεται με απλή προέκταση προς την θάλασσα των ορίων των περιφερειών. Σε περιπτώσεις δυσκολιών ένταξης ενός διαπεριφερειακού υδατινού σώματος σε μία περιφέρεια (π.χ. στις περιπτώσεις όπου λόγω απόρριψης ενός σημαντικού ρυπαντικού φορτίου (ιδίως σημειακού) σε συνδυασμό με την κατεύθυνση των ρευμάτων, παρατηρούνται επιπτώσεις σε μια ευρύτερη παράκτια περιοχή) προτείνεται η συνδιαχείριση του κοινού υδατινού σώματος από τους Φορείς Διαχείρισης των υπερκείμενων Υδατικών Περιφερειών.

Αναφορικά με τα διασυνοριακά ύδατα σε επίπεδο Ε.Ε. έχουν εντοπισθεί περισσότερες από 25 τέτοιες περιπτώσεις, σημαντικό ποσοστό των οποίων (περίπου 25%) αφορά στην Ελλάδα (Αώος, Αξιός, Στρυμόνας, Έβρος, Πρέσπα, Νέστος, Δοϊράνη). Σύμφωνα με την Οδηγία τα υδάτινα αυτά σώματα θα ενταχθούν σε Διεθνείς Υδατικές Περιφέρειες και η υλοποίηση των προγραμμάτων που απαιτούνται για την επίτευξη των στόχων της Οδηγίας θα γίνεται με συνεργασία των Φορέων Διαχείρισης των εμπλεκόμενων χωρών που έχουν την ευθύνη διαχείρισης του τμήματος της λεκάνης απορροής που ανήκει στην κάθε χώρα. Οι ρυθμίσεις αυτές είναι προφανώς ευκολότερες μεταξύ Κρατών Μελών. Σημαντική μπορεί να είναι η συμβολή σχετικών διεθνών συμβάσεων και συμφωνιών. Στην περίπτωση της Ελλάδας παρουσιάζονται ιδιαίτερες δυσκολίες, καθώς τα διασυνοριακά ύδατα εμπλέκουν χώρες που δεν ανήκουν στην ΕΕ και δεν βρίσκονται υπό καθεστώς ένταξης, σε μερικές δε περιπτώσεις (Αλβανία, FYROM, Τουρκία) δεν υπάρχουν επίσημες διεθνείς συμφωνίες.

#### **ΠΑ-1.1.2. Ανάλυση Πιέσεων – Επιπτώσεων**

Η παρούσα δράση περιλαμβάνει την ανάλυση, καταγραφή και κωδικοποίηση των πιέσεων με βάση τα καθοδηγητικά κείμενα της οδηγίας, τις μεθοδολογίες ποσοτικοποίησης των πιέσεων, καθώς και την επίδραση της καταγραφής των πιέσεων στην διάκριση υδατινών σωμάτων. Το ουσιαστικότερο βήμα σε αυτή τη διαδικασία είναι ο καθορισμός των διαχειριστικών στόχων (οικολογική κατάσταση, οικολογικό δυναμικό) αφού η εκτίμηση των πιέσεων και των επιπτώσεών τους, έχει ως αποτέλεσμα την αναγνώριση υδατινών σωμάτων που δεν μπορούν να πετύχουν τους στόχους αυτούς.

Ένας κατάλογος όλων των καταγεγραμμένων πιέσεων στο υδατινό σώμα, μπορεί να περιλαμβάνει και πιέσεις που προκαλούν πολύ μικρές περιβαλλοντικές ή και καθόλου περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο υδατινό σώμα. Στα επιφανειακά νερά, σύμφωνα με την οδηγία απαιτείται μόνο η καταγραφή των σημαντικών πιέσεων. Ως σημαντικές αξιολογούνται εκείνες οι πιέσεις που προκαλούν περιβαλλοντικές επιπτώσεις τέτοιες που είναι δυνατόν μην επιτρέψουν την επίτευξη κάποιων από τους διαχειριστικούς στόχους. Η καλή γνώση των μηχανισμών δημιουργίας των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τις πιέσεις και τις δραστηριότητες είναι βασική παράμετρος επιτυχίας της προσέγγισης αυτής.

Οι απαιτήσεις της οδηγίας για την ανάλυση των πιέσεων και των επιπτώσεών τους στα υδάτινα σώματα καθορίζεται από το Άρθρο 5 σύμφωνα με το οποίο για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής πρέπει:

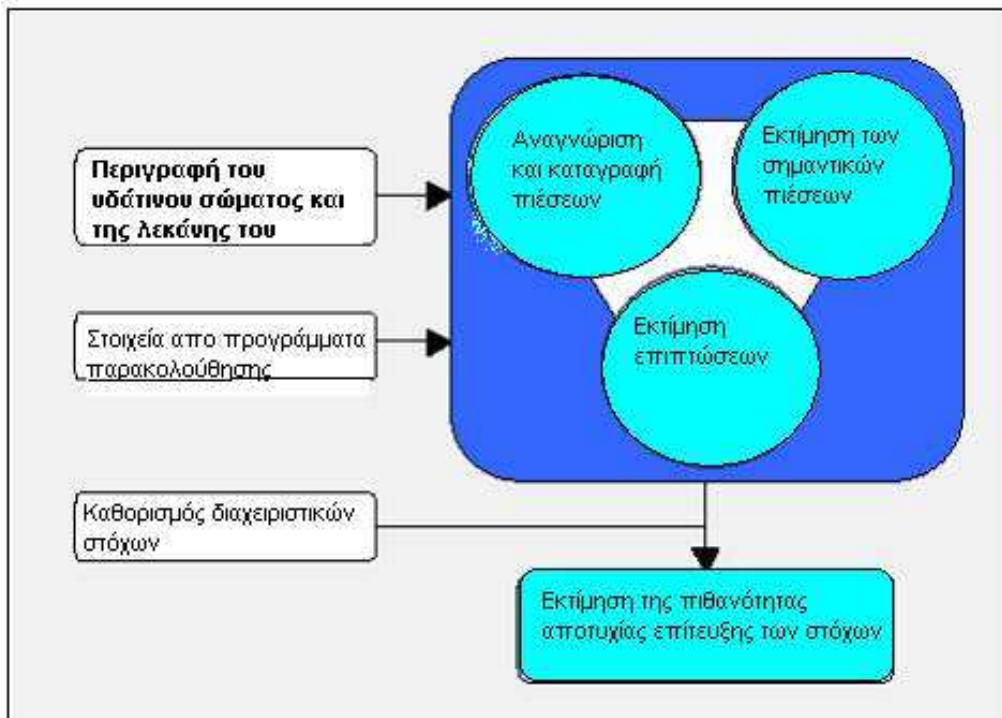
- να γίνει ανάλυση των χαρακτηριστικών της
- να εκτιμηθεί η επίπτωση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στην κατάσταση των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων

- να γίνει οικονομική ανάλυση της χρήσης του νερού

Η καταγραφή των πιέσεων στην κάθε περιοχή λεκάνης απορροής (πιέσεις ρύπανσης, επιπτώσεις από απόληψη ποσοτήτων υδάτων από το υδάτινο σώμα, αλλαγές στην μορφολογία του υδατινού σώματος), έχει ως στόχο την κατανόηση των σημαντικότερων διαχειριστικών προβλημάτων για κάθε λεκάνη και τους μηχανισμούς μέσω των οποίων οι πιέσεις επηρεάζουν κάθε επιμέρους υδάτινο σώμα. Η αρχική αυτή «συνοπτική εκτίμηση» (screening step) αποτελεί μια «γρήγορη» αλλά ουσιαστική φάση, η οποία ακολουθείται από μια αναλυτικότερη προσέγγιση των προβλημάτων.

Η προσέγγιση για την ανάλυση και καταγραφή των πιέσεων και την αρχική εκτίμηση των επιπτώσεων καθορίζεται από την εξής αλληλουχία: Δραστηριότητα (γενεσιουργές αιτίες) α) Πίεση, β) Κατάσταση, γ) Επίπτωση, δ) Ανταπόκριση (λήψη μέτρων) - (DPSIR, Driver, Pressure, State, Impact, Response). Στη φάση αυτή πραγματοποιείται και η αναγνώριση πιθανών «διαδρομών» δραστηριοτήτων – πιέσεων – επιπτώσεων στα υδάτινα σώματα (π.χ. βιομηχανική δραστηριότητα, απόρριψη τοξικών, πιθανές επιπτώσεις από την ρύπανση με τοξικά του υδατινού σώματος - αποδέκτη) ή (χρήση γης, εντατικές καλλιέργειες, ένταση στη χρήση αγροχημικών, απόπλυση αζώτου φωσφόρου, αύξηση στη συγκέντρωση θρεπτικών αλάτων στο υδάτινο σώμα, ευτροφισμός).

Η προσέγγιση αυτή δεν είναι πάντα γραμμική αφού στοιχεία παρακολούθησης του υδατινού σώματος που αποδεικνύουν κάποιο συγκεκριμένο είδος επίπτωσης μπορεί να βοηθήσουν στην αναγνώριση κάποιων πιέσεων. Η διαδικασία αξιολόγησης της δυνατότητας επίτευξης των στόχων της Οδηγίας, μέσω της ανάλυσης των πιέσεων και επιπτώσεων παρουσιάζεται στο σχήμα ΠΑ.Σ-1.1.



Σχήμα ΠΑ.Σ-1.1: Αξιολόγηση δυνατότητας επίτευξης των στόχων

Η αναγνώριση των σημαντικών πιέσεων μπορεί να περιλαμβάνει μια συνδυασμένη προσέγγιση από την εκτίμηση δεδομένων παρακολούθησης των υδάτων, χρήση μοντέλων και την γνωμοδότηση ειδικών (expert judgement).

Το εύρος των πιθανών ρυπαντικών πιέσεων στα υδάτινα σώματα είναι μεγάλο και η κατηγοριοποίηση τους απαραίτητη και ιδιαίτερα δύσκολη αφού ο ίδιος ρύπος μπορεί να προκύψει από διαφορετικές πηγές, να βρεθεί σε διαφορετικές μορφές ή να προκαλέσει ποικιλία επιπτώσεων. Η συνηθέστερη διάκριση κατηγοριοποιεί τους ρύπους ανάλογα με την πηγή προέλευσης, σε σημειακές (π.χ. αστικά, κτηνοτροφικά ή βιομηχανικά υγρά απόβλητα) και μη σημειακές πηγές (π.χ. επιφανειακές απορροές). Άλλες κατηγοριοποιήσεις βασίζονται στην ένταση των επιπτώσεων των ρύπων, στη δυνατότητα αυτοκαθαρισμού τους από φυσικές διεργασίες εντός του ποτάμιου σώματος και στην χρονική τους συνέχεια (σποραδική είτε χρόνια παρουσία).

### **ΠΑ-1.1.3. Μητρώο προστατευόμενων περιοχών**

Το μητρώο προστατευόμενων περιοχών σύμφωνα με το Άρθρο 6 της Οδηγίας αφορά σε περιοχές, οι οποίες απαιτούν ειδική προστασία βάσει υφιστάμενων διατάξεων της ισχύουσας νομοθεσίας, που σχετίζεται με την προστασία επιφανειακών και υπόγειων υδάτων. Σύμφωνα με το Παράρτημα IV της Οδηγίας, ως προστατευόμενες «περιοχές» χαρακτηρίζονται:

- νερά τα οποία προορίζονται για πόση σύμφωνα με το Άρθρο 7 της Οδηγίας (10 m<sup>3</sup>/ημέρα ή εξυπηρέτηση άνω των 50 ατόμων)
- περιοχές αναγνωρισμένες για την προστασία υδρόβιων ειδών σημαντικής οικονομικής σημασίας
- υδάτινα σώματα που χρησιμοποιούνται για αναψυχή, συμπεριλαμβανομένων και των υδάτων κολύμβησης σύμφωνα με την Οδηγία 76/160/ΕΟΚ
- ευαίσθητες περιοχές, συμπεριλαμβανομένων περιοχών που χαρακτηρίζονται ως ευπρόσβλητες σύμφωνα με την Οδηγία 91/676/ΕΟΚ, και υδάτινων σωμάτων που χαρακτηρίζονται ως ευαίσθητα σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ
- περιοχές που έχουν αναγνωρισθεί για την προστασία οικοτόπων και ειδών όπου η διατήρηση ή βελτίωση της ποιότητας των υδάτων αποτελεί κρίσιμο παράγοντα, συμπεριλαμβανομένων των χαρακτηρισμένων περιοχών Natura 2000 σύμφωνα με τις Οδηγίες 92/43/ΕΟΚ και 79/409/ΕΟΚ.

### **ΠΑ-1.1.4. Οικονομική Ανάλυση**

Η εισαγωγή της οικονομικής θεώρησης στη διαχείριση των υδατικών πόρων αποτελεί κρίσιμο στοιχείο της Οδηγίας που στοχεύει στον επιμερισμό και ανάκτηση του συνολικού κόστους των υπηρεσιών νερού, βάσει αρχών (ο ρυπαίνων πληρώνει), εργαλείων και τεχνικών ανάλυσης και μέτρων (κατάλληλη τιμολόγηση). Τα απαιτούμενα μεθοδολογικά βήματα περιλαμβάνουν:

- τον προσδιορισμό των υπηρεσιών και χρήσεων νερού. Υπηρεσίες νερού θεωρούνται οι υπηρεσίες που στοχεύουν στην πρόσληψη, αποθήκευση, επεξεργασία και

διανομή του νερού καθώς και στη συλλογή, επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων. Η χρήση νερού είναι ευρύτερη έννοια που περιλαμβάνει εκτός από τις υπηρεσίες νερού και κάθε άλλη δραστηριότητα που έχει σημαντικές επιπτώσεις στην κατάσταση του νερού.

- τον υπολογισμό του συνολικού κόστους των υπηρεσιών νερού. Το συνολικό κόστος εκτός από το άμεσα οικονομικό κόστος (επενδύσεις, λειτουργία, συντήρηση, διαχείριση), περιλαμβάνει το κόστος που συνεπάγεται η μειωμένη διαθεσιμότητα υδατικών πόρων καθώς και το περιβαλλοντικό κόστος, που μεταφράζει σε οικονομικούς όρους τις δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον.
- τον επιμερισμό του συνολικού κόστους στις διάφορες χρήσεις νερού.
- την ανάκτηση μέρους ή του συνόλου του κόστους σύμφωνα με τον προηγούμενο επιμερισμό και τη βασική αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» και την εφαρμογή τιμολογιακής πολιτικής με στόχο τη συνετή και αποδοτική χρήση του νερού.

Ένα σημείο στο οποίο η Οδηγία παρουσιάζει ασάφεια, αφορά στον ορισμό των υπηρεσιών νερού. Σύμφωνα με μια στενή ερμηνεία της διατύπωσης της Οδηγίας, στις υπηρεσίες νερού είναι δυνατόν να μην συμπεριληφθούν η παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, και οι ιδιο-υπηρεσίες (self services) οι οποίες αφορούν υπηρεσίες νερού, στις οποίες ο προμηθευτής και ο αποδέκτης της υπηρεσίας συμπίπτουν στο ίδιο φυσικό ή νομικό πρόσωπο (π.χ. μικρές ιδιωτικές γεωτρήσεις, ιδιωτικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων στις βιομηχανίες). Και στις δύο περιπτώσεις (πιο χαρακτηριστικά στη δεύτερη) η σημασία της εξαίρεσης σχετίζεται με τον συνυπολογισμό, τον επιμερισμό και την ανάκτηση του περιβαλλοντικού κυρίως, κόστους. Κατά μία άποψη το κόστος αυτό δεν υφίσταται καθώς μέσω των μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων και των διαδικασιών αδειοδότησης, το περιβαλλοντικό κόστος έχει ήδη ληφθεί υπόψη ή έχει κριθεί ως αμελητέο.

#### **ΠΑ-1.1.5. Σύνταξη προγραμμάτων παρακολούθησης**

Σύμφωνα με το Άρθρο 8 τα Κράτη Μέλη είναι υποχρεωμένα να οργανώσουν Προγράμματα Παρακολούθησης (Monitoring) της ποιότητας των νερών τα οποία, θα πρέπει να είναι έτοιμα να τεθούν σε εφαρμογή στο τέλος του 2006. Ως γενικός στόχος των Προγραμμάτων Παρακολούθησης αναφέρεται η απόκτηση μιας συγκροτημένης συνολικής εικόνας για την ποιότητα των υδατινών σωμάτων και η υποβοήθηση της κατηγοριοποίησης τους. Για την εξυπηρέτηση ειδικότερων στόχων το συνολικό πρόγραμμα χωρίζεται σε τρία επιμέρους προγράμματα:

- Το Πρόγραμμα Παρακολούθησης-Επισκόπησης (ΠΠΕ), με στόχους α) τον εντοπισμό (σε συνεργασία με τις εργασίες ανάλυσης πιέσεων και επιπτώσεων) των υδατινών σωμάτων που διαφαίνεται να μην πληρούν τις προϋποθέσεις της καλής οικολογικής κατάστασης, β) τον εντοπισμό και αξιολόγηση των μακροχρόνιων μεταβολών λόγω φυσικών και ανθρωπογενών αιτιών.
- Το Πρόγραμμα Λειτουργικής Παρακολούθησης (ΠΛΠ) με στόχους α) την λεπτομερέστερη αποτύπωση της ποιοτικής κατάστασης των υδατινών σωμάτων που δεν πληρούν τις προϋποθέσεις της καλής οικολογικής κατάστασης β) την αξιολόγηση των επιπτώσεων που επιφέρουν τα μέτρα που λαμβάνονται στα πλαίσια των Διαχειριστικών Σχεδίων στην ποιότητα των υδατινών σωμάτων.

- Το Πρόγραμμα Διερευνητικής Παρακολούθησης (ΠΔΠ) που μπορεί να εφαρμόζεται κατά περίπτωση (π.χ. άγνωστες αιτίες ποιοτικής επιβάρυνσης, περιστασιακή ρύπανση λόγω ατυχημάτων).

Σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Οδηγίας στα ΠΠΕ θα πρέπει να περιλαμβάνονται τα βιοτικά και αβιοτικά στοιχεία ποιότητας. Το ίδιο ισχύει για τα ΠΛΠ στο βαθμό που στοχεύουν στην λεπτομερέστερη κατηγοριοποίηση των υδατινών σωμάτων στα οποία εφαρμόζονται. Όταν ωστόσο, ο στόχος των ΠΛΠ είναι η αξιολόγηση των επιπτώσεων των εφαρμοζόμενων μέτρων η επιλογή θα πρέπει να επικεντρώνεται στις παραμέτρους που είναι ευαίσθητες στις επιβαλλόμενες πιέσεις.

Σε ό,τι αφορά την επιλογή των θέσεων στα προγράμματα διερευνητικής και επισκοπικής παρακολούθησης, αυτές αφορούν υδάτινα σώματα που δεν πληρούν τις προϋποθέσεις τουλάχιστον καλής οικολογικής κατάστασης. Κατά την υλοποίηση του προγράμματος παρακολούθησης επισκόπησης, επισημαίνεται πως εάν η έμφαση δοθεί στον βασικό στόχο της κατηγοριοποίησης των υδατινών σωμάτων στις δύο ομάδες εκατέρωθεν του ορίου καλή/μέτρια κατάσταση είναι προφανές ότι η επιλογή των υδατινών σωμάτων προς παρακολούθηση θα πρέπει να γίνεται με γνώμονα το συγκεκριμένο όριο (π.χ. δεν έχει ιδιαίτερο νόημα η εφαρμογή ΠΠΕ σε υδάτινα σώματα που βρίσκονται σε υψηλή κατάσταση και δεν παρατηρούνται μεταβολές στο επίπεδο και είδος πιέσεων που υφίστανται). Επιπρόσθετα, η επιλογή των θέσεων επηρεάζεται από τον βαθμό αξιοπιστίας των συμπερασμάτων της ανάλυσης πιέσεων-επιπτώσεων (την οποία τα ΠΠΕ καλούνται να υποβοηθήσουν), αλλά και από την ουσιαστικά πολιτικού χαρακτήρα απόφαση ως προς τον αποδεκτό βαθμό αξιοπιστίας. Σε κάθε περίπτωση το ΠΠΕ καλείται να καλύψει έναν αντιπροσωπευτικό αριθμό «σημαντικών» υδατινών σωμάτων. Αναφορικά με τη συχνότητα δειγματοληψιών/καταγραφών, οι προτεινόμενες στην Οδηγία συχνότητες έχουν ενδεικτικό χαρακτήρα.

#### **ΠΑ-1.1.6. Τυποχαρακτηριστικές συνθήκες αναφοράς**

Οι συνθήκες αναφοράς σύμφωνα με την οδηγία ορίζονται ως οι συνθήκες πλήρους απουσίας ή ελάχιστης παρουσίας ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Σύμφωνα με την οδηγία (παράρτημα II: 1.3) απαιτείται ο καθορισμός των συνθηκών αναφοράς για τους διαφόρους τύπους συστημάτων επιφανειακών υδάτων (τυποχαρακτηριστικές συνθήκες). Συγκεκριμένα για κάθε τύπο υδατινού σώματος καθορίζονται τυποχαρακτηριστικές υδρομορφολογικές και φυσικοχημικές συνθήκες, βάσει των αντίστοιχων ποιοτικών χαρακτηριστικών ενός υδατινού σώματος του ίδιου τύπου, το οποίο χαρακτηρίζεται από υψηλή οικολογική κατάσταση.

Σύμφωνα με το άρθρο 2 της οδηγίας, ως "Κατάσταση Επιφανειακών Υδάτων" ορίζεται η συνολική έκφραση της κατάστασης ενός επιφανειακού υδατικού συστήματος, που καθορίζεται από τις χαμηλότερες τιμές της οικολογικής και της χημικής του κατάστασης και ως "Οικολογική κατάσταση", η ποιοτική έκφραση της διάρθρωσης και της λειτουργίας υδατινών οικοσυστημάτων που συνδέονται με επιφανειακά ύδατα, η οποία ταξινομείται σύμφωνα με το Παράρτημα V.

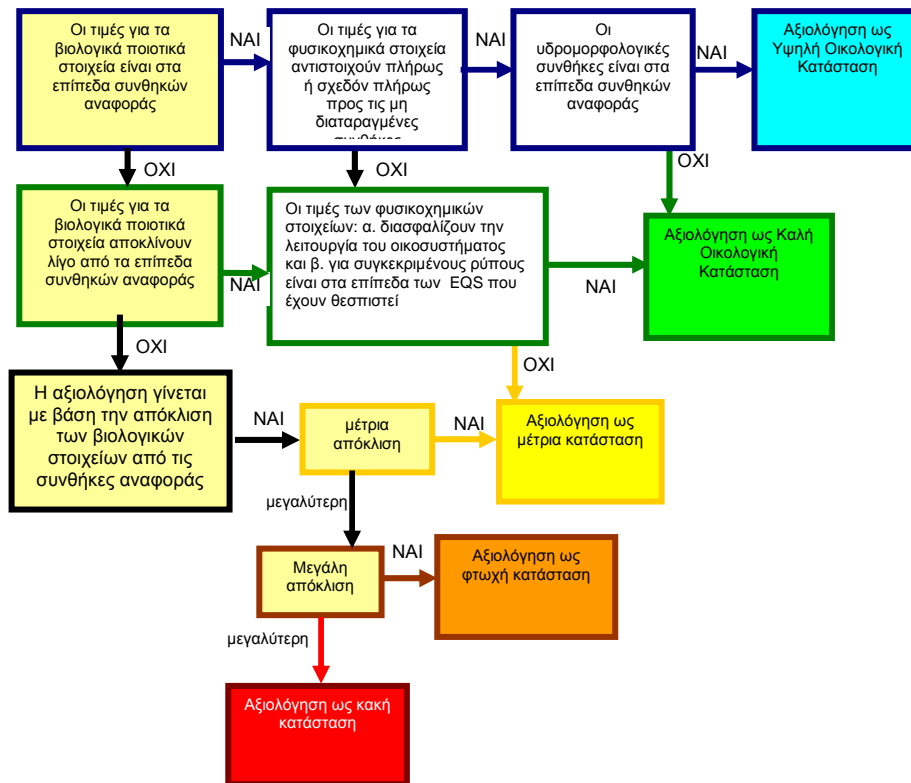
Η ταξινόμηση των υδατινών σωμάτων με βάση την οικολογική τους κατάσταση αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους νεωτερισμούς της οδηγίας. Ο στόχος της επίτευξης καλής οικολογικής ποιότητας, απαιτεί την αλλαγή νοοτροπίας στην διαχείριση υδατινών

πόρων τόσο από την πλευρά φορέων και υπηρεσιών αλλά και από την πλευρά των τελικών χρηστών.

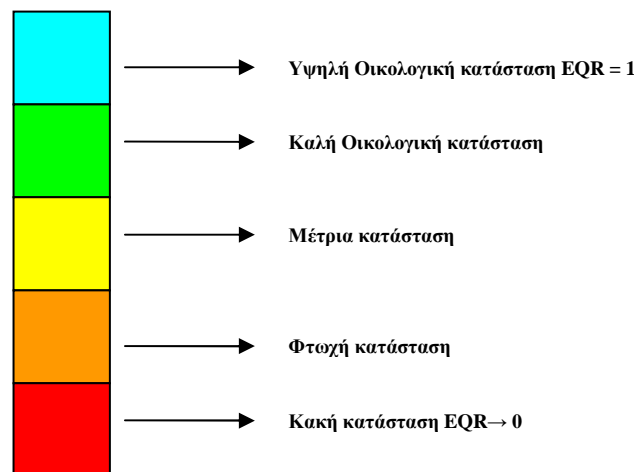
Στο Παράρτημα V της οδηγίας περιγράφονται τα ποιοτικά στοιχεία του υδάτινου σώματος που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της οικολογικής του κατάστασης, τα οποία περιλαμβάνουν βιολογικές, φυσικοχημικές και υδρομορφολογικές παραμέτρους, καθώς και οι πέντε κλάσεις κατάστασης/κατάταξης των υδατινών σωμάτων.

Σύμφωνα με την Οδηγία όλα τα επιφανειακά υδάτινα σώματα θα πρέπει να αξιολογηθούν και να καταταγούν σε πέντε κατηγορίες ποιότητας (υψηλή, καλή, μέτρια, φτωχή, κακή). Η υψηλή ποιότητα αντιστοιχεί σε ένα πρακτικά αδιατάρακτο οικοσύστημα και οι υπόλοιπες κατηγορίες αντιπροσωπεύουν μικρότερες ή μεγαλύτερες αποκλίσεις από την υψηλή κατάσταση (η οποία αποτελεί ή προσεγγίζει τη συνθήκη αναφοράς). Ο χαρακτηρισμός ενός υδατινού σώματος σε υψηλή κατάσταση προϋποθέτει την τήρηση των συνθηκών αναφοράς για όλα τα εξεταζόμενα ποιοτικά στοιχεία (quality elements: βιολογικά, φυσικοχημικά), καθώς και για τις υδρομορφολογικές συνθήκες. Η αξιολόγηση της οικολογικής κατάστασης ως καλή, επιτρέπει μικρές αποκλίσεις από τα επίπεδα των συνθηκών αναφοράς για τα βιολογικά στοιχεία, οι τιμές για τα φυσικοχημικά στοιχεία θα πρέπει να διασφαλίζουν τη λειτουργία των οικοσυστημάτων, ενώ παράλληλα θα πρέπει να τηρούνται σε κάθε περίπτωση οι εν ισχύ ποιοτικοί στόχοι, όπως αυτοί προσδιορίζονται από άλλες οδηγίες της ΕΕ. Σε ό,τι αφορά τις υδρομορφολογικές συνθήκες αυτές δύναται να αποκλίνουν από τα επίπεδα των συνθηκών αναφοράς. Στις επόμενες τρεις κατηγορίες ποιότητας (μέτρια, φτωχή και κακή) η κατάταξη γίνεται μετά από σύγκριση μόνο των τιμών των βιολογικών στοιχείων των υδατινών σωμάτων σε σχέση με τις συνθήκες αναφοράς και το εύρος απόκλισής τους (σχήμα ΠΑ.Σ-1.3).

Η απόκλιση χαρακτηρίζεται από τον λόγο μεταξύ της τιμής ενός δείκτη, που αντιστοιχεί στις συνθήκες αναφοράς προς την τιμή του δείκτη στο εξεταζόμενο υδάτινο σώμα (Λόγος Οικολογικής Ποιότητας, EQR). Η προτεινόμενη διακύμανση του λόγου είναι από 0 (για μία ιδιαίτερα κακή κατάσταση) έως 1 (για τις συνθήκες αναφοράς) (σχήματα ΠΑ.Σ-1.2, ΠΑ.Σ-1.3). Καθώς οι αποκλίσεις για κάθε κατηγορία έχουν στην Οδηγία περιγραφικό και συχνά ασαφή χαρακτήρα, θα πρέπει να αντιστοιχισθούν οι περιγραφικές αυτές διατυπώσεις με καθορισμένα διαστήματα τιμών του λόγου, στο εύρος 0-1. Δεδομένου ότι τα Διαχειριστικά Προγράμματα επικεντρώνονται κατά κύριο λόγο σε υδάτινα σώματα που χαρακτηρίζονται ως μέτρια, φτωχά ή κακά (με στόχο την βελτίωσή τους και την μελλοντική ένταξή τους στην κατηγορία της καλής κατάστασης), ιδιαίτερη σημασία έχει ο σαφής καθορισμός των ορίων μεταξύ υψηλής/καλής και καλής/μέτριας κατάστασης.



Σχήμα ΠΑ.Σ-1.2: Διάγραμμα ροής για την αξιολόγηση της οικολογικής κατάστασης των υδατινών σωμάτων



Σχήμα ΠΑ.Σ-1.3: Κατηγορίες ποιότητας υδατινών σωμάτων

## ΠΑ-1.2 Δράσεις δεύτερης φάσης και αλληλουχία τους

Η σύνταξη των διαχειριστικών σχεδίων, ολοκληρώνεται με βάση το χρονοδιάγραμμα της Οδηγίας μέχρι το 2009, οπότε και τίθενται σε εφαρμογή. Κατά την περίοδο 2006-2009 συνεχίζονται σε μεγαλύτερη λεπτομέρεια αφ' ενός η ανάλυση των πιέσεων και επιπτώσεων και αφ' ετέρου η οικονομική ανάλυση, έτσι ώστε σε συνδυασμό και με τα ήδη λειτουργούντα

προγράμματα παρακολούθησης να οριστικοποιηθούν οι αποφάσεις ως προς τα υδάτινα σώματα που θα περιληφθούν στα Προγράμματα Διαχείρισης (δηλαδή αυτά που δεν πληρούν τις προϋποθέσεις της τουλάχιστον καλής οικολογικής κατάστασης) και ως προς τα μέτρα που είναι αναγκαία για τη βελτίωση της ποιοτικής τους κατάστασης.

Αναφορικά με τις συμμετοχικές διαδικασίες κατά τη διαμόρφωση των διαχειριστικών σχεδίων περιγράφονται συγκεκριμένες για το σκοπό αυτό ενέργειες, που περιλαμβάνουν ενημέρωση και συζήτηση για το χρονοδιάγραμμα και πρόγραμμα σύνταξης των διαχειριστικών σχεδίων στο τέλος του 2006 και για τα σημαντικά ζητήματα διαχείρισης στο τέλος του 2007.

Κατά την ίδια περίοδο (2006-2009), βάσει των απαιτήσεων της Οδηγίας, οριστικοποιείται ο κατάλογος των ιδιαιτέρως τροποποιημένων υδάτινων σωμάτων, τα οποία είτε έχουν δημιουργηθεί από ανθρώπινες δραστηριότητες ή έχουν αλλάξει χαρακτήρα λόγω φυσικών αλλοιώσεων από ανθρώπινες δραστηριότητες (με βάση συμπεράσματα από την ανάλυση πιέσεων-επιπτώσεων και των δεδομένων πεδίου). Η οριστικοποίηση του καταλόγου απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση των δυνατοτήτων εφαρμογής καταλλήλων επεμβάσεων στα υδρομορφολογικά χαρακτηριστικά ενός καταρχήν ιδιαιτέρως τροποποιημένου υδάτινου σώματος (π.χ. μέτρα αποκατάστασης αλλοιώσεων) ώστε να είναι δυνατή η επίτευξη τουλάχιστον καλής οικολογικής κατάστασης και κατά συνέπεια ο μη χαρακτηρισμός του πλέον ως ιδιαιτέρως τροποποιημένο. Τον καθοριστικό ρόλο στη διερεύνηση αυτή έχει η οικονομική ανάλυση, καθώς τα κριτήρια για την διαπίστωση της δυνατότητας εφαρμογής τέτοιων επεμβάσεων είναι κατά βάση οικονομικού χαρακτήρα. Στο βαθμό που τεκμηριώνεται ότι οι προτεινόμενες επεμβάσεις έχουν σημαντική αρνητική επίπτωση στις χρήσεις που εξυπηρετεί το υδάτινο σώμα ή/και ότι δεν υπάρχουν τεχνικό-οικονομικά αποδεκτές και πιο φιλικές στο περιβάλλον εναλλακτικές λύσεις εξυπηρέτησης των χρηστών, τότε το εξεταζόμενο υδάτινο σώμα εντάσσεται στον οριστικό κατάλογο των ιδιαιτέρως τροποποιημένων υδάτινων σωμάτων.

Η πρακτική συνέπεια του χαρακτηρισμού ενός υδάτινου σώματος ως ιδιαιτέρως τροποποιημένο σχετίζεται με τον προς επίτευξη περιβαλλοντικό στόχο, που πλέον δεν είναι η καλή οικολογική κατάσταση, αλλά το καλό οικολογικό δυναμικό. Σε πρώτη ανάγνωση η μετονομασία αυτή δημιουργεί την αίσθηση υιοθέτησης λιγότερο αυστηρών απαιτήσεων, κάτι που ωστόσο, αν και πιθανό να συμβεί, δεν είναι αναγκαίο ούτε προκύπτει άμεσα από τους δύο ορισμούς. Για ένα ιδιαιτέρως τροποποιημένο υδάτινο σώμα η διαφορά μεταξύ καλής οικολογικής κατάστασης και καλού οικολογικού δυναμικού, είναι ότι η πρώτη αφορά στον τύπο υδάτινου σώματος που χαρακτηρίζει το συγκεκριμένο ιδιαιτέρως τροποποιημένο υδάτινο σώμα χωρίς τις υδρομορφολογικές αλλοιώσεις, ενώ το καλό οικολογικό δυναμικό αντιστοιχεί στην καλή οικολογική κατάσταση ενός τύπου υδάτινου σώματος που προσιδιάζει στο αλλοιωμένο ιδιαιτέρως τροποποιημένο υδάτινο σώμα. Κατά συνέπεια, υποβάθμιση του περιβαλλοντικού στόχου επέρχεται μόνο στο βαθμό που οι τυποχαρακτηριστικές συνθήκες καλής οικολογικής κατάστασης ενός υδάτινου σώματος παρόμοιο με το ιδιαιτέρως τροποποιημένο, υστερούν περιβαλλοντικά σε σύγκριση με τις τυποχαρακτηριστικές συνθήκες καλής οικολογικής κατάστασης του υδάτινου σώματος που θα προκύπτει με αφαίρεση των υδρομορφολογικών αλλοιώσεων (κάτι που δεν είναι μεν θεωρητικά αναγκαίο στην πράξη όμως κατά κανόνα θα συμβαίνει).

Κατά την πρώτη περίοδο εφαρμογής των διαχειριστικών σχεδίων (πρώτη τριετία) προετοιμάζονται τα αναγκαία μέτρα, συμπεριλαμβανομένων και των οικονομικών μέτρων



(π.χ. τιμολογιακή πολιτική), τα οποία στη συνέχεια εφαρμόζονται και στο τέλος της εξαετίας αξιολογούνται ως προς την αποτελεσματικότητά τους.

Για την παρακολούθηση εφαρμογής της Οδηγίας και αξιολόγησης των αποτελεσμάτων των Προγραμμάτων Διαχείρισης είναι αναγκαίο ένα σύστημα καταγραφής και αναφοράς (reporting). Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών έχουν αναγνωρισθεί ως καίριο εργαλείο για το σκοπό αυτό.

Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στις συμμετοχικές δράσεις. Ειδικότερα τα κράτη-μέλη καλούνται να ενθαρρύνουν την ενεργή συμμετοχή όλων των ενδιαφερόμενων φορέων κατά τα επιμέρους στάδια εφαρμογής της Οδηγίας, καθώς και κατά τη σύνταξη των προγραμμάτων διαχείρισης. Ακόμα, τα κράτη-μέλη θα πρέπει να ενημερώνουν και να συμβουλευονται το κοινό, συμπεριλαμβανομένων και των χρηστών, για τα ακόλουθα θέματα:

- το χρονοδιάγραμμα και πρόγραμμα δράσεων για τη σύνταξη των σχεδίων διαχείρισης, το αργότερο ως το 2006,
- την επισκόπηση των σημαντικών ζητημάτων διαχείρισης, το αργότερο ως το 2007,
- την πρώτη προσέγγιση των σχεδίων διαχείρισης, το αργότερο ως το 2008.

### **ΠΑ-1.3 Κοινή στρατηγική εφαρμογής – Υποστηρικτικά όργανα**

Η εφαρμογή της Οδηγίας, κατά κοινή ομολογία όλων των κρατών-μελών, παρουσιάζει πολλές δυσκολίες, που σχετίζονται κυρίως με την διατύπωση του κειμένου της. Το κείμενο αυτό, σε μεγάλη έκταση, παρουσιάζει γενικευμένες επιστημονικές μεθοδολογίες, που απαιτούν περαιτέρω διασαφήνιση και επεξεργασία για να εφαρμοστούν. Πρόσθετες δυσκολίες εμφανίζονται λόγω του ιδιαίτερα αυστηρού και απαιτητικού χρονοδιαγράμματος εφαρμογής της.

Προκειμένου να ξεπεραστούν οι δυσκολίες και να υποβοηθηθούν τα κράτη-μέλη στην εφαρμογή της Οδηγίας κατά συνεπή και εναρμονισμένο τρόπο, αποφασίστηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, σε συνεργασία με τα κράτη-μέλη, η διαμόρφωση μιας κοινής στρατηγικής για την εφαρμογή, με σκοπό την από κοινού αντιμετώπιση ζητημάτων που αφορούν στην ανταλλαγή πληροφοριών και εμπειριών, καθώς και στην ανάπτυξη εναρμονισμένων μεθοδολογικών προσεγγίσεων.

Στόχοι της κοινής στρατηγικής είναι η συνέπεια στην εφαρμογή και η συγκρισιμότητα, η κοινή αντίληψη και προσέγγιση, οι κοινές προσπάθειες και δραστηριότητες, η ανταλλαγή εμπειρίας και πληροφόρησης, η ανάπτυξη μιας διαδικασίας καθοδήγησης μέσω κατευθυντήριων γραμμών, η διαχείριση της πληροφορίας μέσω συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών και ο περιορισμός του κινδύνου ανεπαρκούς εφαρμογής της Οδηγίας (λαμβάνοντας υπόψη την εμπειρία που προέρχεται από την εφαρμογή άλλων οδηγιών που έχουν σχέση με τα νερά).

Για την επίτευξη αυτών των στόχων θεσπίστηκαν:

- Ομάδα Στρατηγικής, για συντονισμό των προγραμμάτων εργασίας, και

- θεματικές ομάδες εργασίας και συμβουλευτικές συναντήσεις εμπειρογνομόνων, και αποφασίστηκε η διεξαγωγή:
- πιλοτικών μελετών εφαρμογής,
- συναντήσεων εργασίας στα κράτη-μέλη, καθώς και άλλων διεθνών διοργανώσεων.

Οι στόχοι που έχουν τεθεί και τα μέτρα που έχουν ληφθεί για τη διαδικασία της κοινής στρατηγικής, αλλά και τα μέχρι σήμερα αποτελέσματα, περιορίζουν όντως τον κίνδυνο ανεπαρκούς εφαρμογής της Οδηγίας. Έχουν ήδη εκδοθεί τεύχη με τις βέλτιστες μεθοδολογικές προσεγγίσεις των διαφόρων αντικειμένων των θεματικών ομάδων εργασίας (Guidance Documents), τα οποία έχουν συνταχθεί με τη σύμφωνη γνώμη όλων των κρατών-μελών και έχουν ερμηνευτικό και συμβουλευτικό χαρακτήρα.

## Παράρτημα Β: Δείκτες Απόδοσης

Στο παράρτημα Β παρουσιάζονται και οι 170 δείκτες απόδοσης σε δύο πίνακες. Στον πίνακα ΠΒ.Π-1.1 παρουσιάζονται οι δείκτες ανά κατηγορία, ο τύπος τους και οι μονάδες μέτρησής τους. Στον πίνακα ΠΒ.Π-1.2 παρουσιάζονται οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των δεικτών και οι μονάδες μέτρησής τους.

**Πίνακας ΠΒ.Π-1.1. Δείκτες απόδοσης ανά κατηγορία (45 από τους 170) (Alegre et al. 2006)**

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΔΕΙΚΤΗΣ	ΤΥΠΟΣ	ΜΕΤΡΟ	
WR1	Αναποτελεσματικότητα της χρήσης των υδατικών πόρων	$WR1=(A19/A3)*100$	%	
WR2	Διαθεσιμότητα των Υδατικών Πόρων	$WR2=(A3*365/H1*(A1+A2))*100$	%	
WR3	Διαθεσιμότητα Ίδιων Υδατικών Πόρων	$WR3=(A3*365/H1*A1)*100$	%	
WR4	Επαναχρησιμοποίημένο Παρεχόμενο Νερό	$WR3=(A22/A3)*100$	%	
Pe1	Συνολικό προσωπικό	Εργαζόμενοι ανά σύνδεση	$Pe1=(B1/C24)*1000$	No./1000 συνδέσεις
Pe2		Εργαζόμενοι ανά παραγόμενο νερό	$Pe2=[B1/(A6*365/H1)]*10^6$	No./(10^6m <sup>3</sup> /έτος)
Pe3		Προσωπικό γενικού management	$Pe3=(B2/B1)*100$	%
Pe4		Προσωπικό διαχείριση ανθρωπίνων πόρων	$Pe4=(B3/B1)*100$	%
Pe5	Προσωπικό ανά λειτουργία	Προσωπικό χρηματοοικονομικής και εμπορικής διοίκησης	$Pe5=(B4/B1)*100$	%
Pe6		Προσωπικό εξυπηρέτησης πελατών	$Pe6=(B5/B1)*100$	%
Pe7		Προσωπικό τεχνικών υπηρεσιών	$Pe7=(B6/B1)*100$	%
Pe8		Προσωπικό σχεδιασμού και κατασκευών	$Pe8=(B7/B1)*100$	%
Pe9		Προσωπικό λειτουργίας και συντήρησης	$Pe9=(B8/B1)*100$	%
Pe10		Προσωπικό διαχείρισης υδατικών πόρων	$Pe10=[B9/(A6*365/H1)]*10^6$	No./(10^6m <sup>3</sup> /έτος)
Pe11		Προσωπικό άντλησης και επεξεργασίας	$Pe11=[B10/(A6*365/H1)]*10^6$	No./(10^6m <sup>3</sup> /έτος)
Pe12	Τεχνικό Προσωπικό ανά δραστηριότητα	Προσωπικό αποθήκευσης και αγωγών μεταφοράς & διανομής	$Pe12=(B11/C8)*100$	No./100 km
Pe13		Προσωπικό παρακολούθησης ποιότητας νερού	$Pe13=[B12/(D52*365/H1)]*10000$	No./10000 δοκιμές/έτος
Pe14		Προσωπικό διαχείρισης μετρητών	$Pe14=[B13/(C10+E6)]*1000$	No./1000 μετρητές
Pe15		Προσωπικό υποστήριξης υπηρεσιών	$Pe15=(B14/B6)*100$	%
Pe16		Προσωπικό πανεπιστημιακής εκπαίδευσης	$Pe16=(B15/B1)*100$	%
Pe17	Προσόντα προσωπικού	Προσωπικό βασικής εκπαίδευσης	$Pe17=(B16/B1)*100$	%
Pe18		Προσωπικό άλλων προσόντων	$Pe18=(B17/B1)*100$	%
Pe19	Εξειδίκευση προσωπικού	Συνολική εκπαίδευση	$Pe19=[(B18*365)/H1]/B1$	ώρες/εργαζόμενο/έτος
Pe20		Εσωτερική εκπαίδευση	$Pe20=[(B19*365)/H1]/B1$	ώρες/εργαζόμενο/έτος
Pe21		Εξωτερική εκπαίδευση	$Pe21=[(B20*365)/H1]/B1$	ώρες/εργαζόμενο/έτος
Pe22	Υγιεινή και Ασφάλεια προσωπικού	Εργατικά ατυχήματα	$Pe22=[(B21*365)/H1]/B1$	No./100 εργαζόμενου/έτος
Pe23		Ατυπίαιες	$Pe23=[(B22*365)/H1]/B1$	ημέρες/εργαζόμενο/έτος
Pe24		Ατυπίαιες εξάπιας εργατικού ατυχήματος ή ασθένειας στην εργασία	$Pe24=[(B23*365)/H1]/B1$	ημέρες/εργαζόμενο/έτος
Pe25		Ατυπίαιες εξάπιας άλλων λόγων	$Pe25=[(B24*365)/H1]/B1$	ημέρες/εργαζόμενο/έτος
Pe26	Υπερμετρική Εργασία	Υπερμετρική εργασία	$Pe26=(B26/B25)*100$	%
Ph1	Επεξεργασία	Χρησιμοποίηση εγκαταστάσεων επεξεργασίας	$Ph1=(A4/C3)*100$	%
Ph2	Αποθήκευση	Χωρητικότητα αποθήκευσης ακατέργαστου νερού	$Ph2=(C1/A3)*H1$	ημέρες
Ph3		Χωρητικότητα αποθήκευσης κατεργασμένου νερού	$Ph3=(C2/A3)*H1$	ημέρες
Ph4	Άντληση	Χρησιμοποίηση αντλίων	$Ph4=[D2/(C7*24)]*100$	%
Ph5		Κατανάλωση κανονικοποιημένης ενέργειας	$Ph5=D1/D3$	kWh/m <sup>3</sup> /100m
Ph6	Επεξεργασία	Κατανάλωση ενέργειας reactive	$Ph6=(D4/D1)*100$	%
Ph7		Ανάκτηση ενέργειας	$Ph7=(D5/D1)*100$	%
Ph8	Μεταφορά και Διανομή	Πυκνότητα βαλβίδων	$Ph8=C22/C9$	No./km
Ph9		Πυκνότητα κρουστών	$Ph9=C23/C9$	No./km
Ph10		Πυκνότητα περιφερειακών μετρητών	$Ph10=(C11/C24)*1000$	No./1000 συνδέσεις καταναλωτών
Ph11	Μετρητές	Πυκνότητα μετρητών καταναλωτών	$Ph11=E6/C24$	No./συνδέσεις καταναλωτών
Ph12		Μετρούμενοι πελάτες	$Ph12=(E6+E9)/E10$	No./πελάτη
Ph13		Μετρούμενοι οικιακοί πελάτες	$Ph13=E7/E11$	No./πελάτη
Ph14	Αυτοματισμός και έλεγχος	Βαθμός αυτοματοποίησης	$Ph14=(C16/C15)*100$	%
Ph15		Βαθμός τηλεχειρισμού	$Ph15=(C17/C15)*100$	%

## Πίνακας ΠΒ.Π-1.1. συνέχεια (υπόλοιποι 44 από τους 170) (Alegre et al. 2006)

Op1		Επιθεώρηση αντλιών	Op1=[(D6*365)/H1]/C6	/έτος	
Op2		Καθαρισμός δεξαμενών αποθήκευσης	Op2=[(D7*365)/H1]/C2	/έτος	
Op3	Επιθεώρηση και συντήρηση	Επιθεώρηση δικτύου	Op3=[(D8*365)/H1/C8]*100	%/έτος	
Op4		Έλεγχος διαρροών	Op4=[(D9*365)/H1/C8]*100	%/έτος	
Op5		Ενεργός έλεγχος διαρροών	Op5=[(D10*365)/H1/C8]*100	No./100km/έτος	
Op6		Επιθεώρηση κρουσμών	Op6=[(D11*365)/H1]/C23	/έτος	
Op7		Διαβάθμιση μετρητών ροής συστήματος	Op7=[(D12*365)/H1]/C10	/έτος	
Op8		Αντικατάσταση μετρητών	Op8=[(D45*365)/H1]/E6	/έτος	
Op9	Διαβάθμιση οργάνων	Διαβάθμιση μετρητών πίεσης	Op9=[(D13*365)/H1]/C12	/έτος	
Op10		Διαβάθμιση μετρητών ύψους νερού	Op10=[(D*365)/H1/C8]*100	/έτος	
Op11		Διαβάθμιση συσκευών παρακολούθησης ποιότητας on line	Op11=[(D15*365)/H1]/C14	/έτος	
Op12	Επιθεώρηση	Επιθεώρηση συστήματος έκτακτης ενέργειας	Op12=[(D16*365)/H1]/C18	/έτος	
Op13	εξοπλισμού μετάδοσης	Επιθεώρηση συσκευών μετάδοσης σήματος	Op13=[(D17*365)/H1]/C19	/έτος	
Op14	ηλεκτρικού σήματος	Επιθεώρηση συσκευών electrical switchgear	Op14=[(D18*365)/H1]/C20	/έτος	
Op15	Διαθεσιμότητα αυτών	Διαθεσιμότητα αυτοκινήτων	Op15=(D19/C8)*100	No./100km	
Op16	Αποκατάσταση	Αποκατάσταση αγωγών	Op16=[(D20*365)/H1/C8]*100	%/έτος	
Op17	αγωγών, βαλβίδων και συνδέσεων	Ανανέωση αγωγών	Op17=[(D21*365)/H1/C8]*100	%/έτος	
Op18		Αντικατάσταση αγωγών	Op18=[(D22*365)/H1/C8]*100	%/έτος	
Op19	Επιθεώρηση και συντήρηση φυσικών	Βαλβίδες που αντικαταστάθηκαν	Op19=[(D23*365)/H1/C21]*100	%/έτος	
Op20		Αποκατάσταση συνδέσεων καταναλωτών	Op20=[(D24*365)/H1/C24]*100	%/έτος	
Op21	Αποκατάσταση αντλιών	Returnishment αντλιών	Op21=[(D25*365)/H1/C6]*100	%/έτος	
Op22			Αντικατάσταση αντλιών	Op22=[(D26*365)/H1/C6]*100	%/έτος
Op23		Ατιυλίες νερού ανά σύνδεση	Op23=[(A15*365)/H1]/C24	m3/σύνδεση/έτος	
Op24		Ατιυλίες νερού ανά μήκος αγωγών	Op24=[(A15/H1)]/C8	m3/km/έτος	
Op25	Λειτουργικοί Δείκτες Απωλειών	Φανερές ατιυλίες ανά σύνδεση	Op25=[A18/(A3-A5-A7)]*100	%	
Op26			Φανερές ατιυλίες ανά εισερχόμενο όγκο στο σύστημα	Op26=A18/A3	%
Op27		Πραγματικές ατιυλίες ανά σύνδεση	Op27=[(A19*1000)/(C24*H2)]/24	lt/σύνδεση/ημέρα υπό πίεση	
Op28		Πραγματικές ατιυλίες ανά μήκος αγωγών	Op28=[(A19*1000)/(C8*H2)]/24	lt/km/ημέρα υπό πίεση	
Op29		ILI	Op29=Op27/(18°C8+0,8+0,025°C25)/(D34/10)		
Op30		Αποτυχίες αντλιών	Op30=[(D27*365)/H1]/C4	ημέρες/αντίλα/έτος	
Op31		Αποτυχίες αγωγών	Op31=[(D28*365)/H1/C8]*100	No./km/έτος	
Op32	Βλάβες	Αποτυχίες συνδέσεων καταναλωτών	Op32=[(D29*365)/H1/C24]*1000	No./1000 συνδέσεις/έτος	
Op33			Αποτυχίες κρουσμών	Op33=[(D30*365)/H1/C23]*1000	No./1000 hydrants/έτος
Op34		Αποτυχίες ενέργειας	Op34=[(D31*365)/H1]/C5	ώρες/σταθμό άντλησης/έτος	
Op35		Αποτυχίες water-point	Op35=[(D32*365)/H1]/F6	No./water point/έτος	
Op36		Αποτελεσματικότητα μετρήσεων καταναλωτών	Op36=[(D42*365)/H1]/(E7*D39+E8*D40+E9*D41)		
Op37	Μέτρηση νερού	Αποτελεσματικότητα μετρήσεων οικιακών καταναλωτών	Op37=[(D43*365)/H1]/(E7*D39)		
Op38			Μετρητές που λειτουργούν	Op38=(D44/E6)*100	%
Op39		Μη μετρούμενο νερό	Op39=[(A3-A8-A11)/A3]*100	%	
Op40		Δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν (για ποιότητα νερού)	Op40=(D46/D57)*100	%	
Op41	Παρακολούθηση ποιότητας	Δοκιμές aesthetic που πραγματοποιήθηκαν	Op41=(D47/D58)*100	%	
Op42			Μικροβιολογικές δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν	Op42=(D48/D59)*100	%
Op43			Φυσικο-χημικές δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν	Op43=(D49/D60)*100	%
Op44			Δοκιμές ραδιοακτινοβολίας που πραγματοποιήθηκαν	Op44=(D50/D61)*100	%

## Πίνακας ΠΒ.Π-1.1. συνέχεια (υπόλοιποι 34 από τους 170) (Alegre et al. 2006)

QS1		Κάλυψη παροχών οικιών και επιχειρήσεων	QS1=(E1/E3)*100	%
QS2	Κάλυψη υπηρεσιών	Κάλυψη παροχών κτιρίων	QS2=(E2/E4)*100	%
QS3		Κάλυψη πληθυσμού	QS3=(F1/E5)*100	%
QS4		Κάλυψη πληθυσμού με συνδέσεις καταναλωτών	QS4=(F2/E5)*100	%
QS5		Κάλυψη πληθυσμού με δημόσιες βρύσες or standpipes	QS5=(F3/E5)*100	%
QS6		Water points που λειτουργούν	QS6=(F7/F6)*100	%
QS7	Δημόσιες βρύσες και standpipes	Μέση απόσταση από τα water points μέχρι τις οικίες	QS7=F4/F6	m
QS8		Κατανάλωση νερού ανά κάτοικο σε δημόσιες βρύσες and standpipes	QS8=(F5*1000/F3)/H1	lt/άτομο/ημέρα
QS9		Πληθυσμός ανά δημόσια βρύση or standpipe	QS9=F3/F8	άτομα/βρύση
QS10		Επάρκεια πίεσης παροχής	QS10=(D33/C24)*100	%
QS11		Επάρκεια μαζικής παροχής	QS11=(D33/E9)*100	%
QS12		Συνεχή παροχή	QS12=[(H2/24)/H1]*100	%
QS13	Πίεση και συνεχής παροχή	Διακοπές νερού	QS13=[D35/(F1*24*H1)]*100	%
QS14			Διακοπές ανά σύνδεση	QS14=[[(D36*365)/H1]/C24]*1000
QS15		Διακοπές μαζικής παροχής	QS15=[(D36*365)/H1]/E9	No./σημείο delivery/έτος
QS16		Πληθυσμός που υφίσταται περιορισμούς σε υπηρεσίες νερού	QS16=[D37/(F1*24*H1)]*100	%
QS17		Ημέρες με περιορισμούς σε υπηρεσίες νερού	QS17=(D38/H1)*100	%
QS18		Ποιότητα παρεχόμενου νερού	QS18=[(D62+D63+D64+D65)/D51]*100	%
QS19	Ποιότητα παρεχόμενου νερού	Compliance aesthetic δοκιμών	QS19=(D62/D53)*100	%
QS20			Συμμόρφωση μικροβιολογικών δοκιμών	QS20=(D63/D54)*100
QS21		Συμμόρφωση φυσικο-χημικών δοκιμών	QS21=(D64/D55)*100	%
QS22		Συμμόρφωση ραδιοενεργών δοκιμών	QS22=(D65/D56)*100	%
QS23	Τοποθέτηση και επισκευή οικιακών συνδέσεων και	Αποτελεσματικότητα νέων συνδέσεων	QS23=F9/F10	ημέρες
QS24			Χρόνος για τη σύνδεση ενός μετρητή καταναλωτή	QS24=F11/F12
QS25		Χρόνος επιδιόρθωσης σύνδεσης	QS25=F13/F14	ημέρες
QS26		Παράπονα ανά σύνδεση	QS26=[(F15*365)/H1/C24]*1000	No. παραπόνων/1000 συνδέσεις/έτος
QS27		Παράπονα ανά πελάτη	QS27=[(F15*365)/H1]/E10	No. παραπόνων/πελάτη/έτος
QS28		Παράπονα πίεσης	QS28=(F16/F15)*100	%
QS29		Παράπονα συνέχισης (continuity)	QS29=(F17/F15)*100	%
QS30	Παράπονα πελατών	Παράπονα ποιότητα νερού	QS30=(F18/F15)*100	%
QS31			Παράπονα διακοπών	QS31=(F19/F15)*100
QS32		Παράπονα λογαριασμών και ερωτήσεις	QS32=[(F20*365)/H1]/E10	No./πελάτη/έτος
QS33		Άλλα παράπονα και ερωτήσεις	QS33=[(F21*365)/H1]/E10	No./πελάτη/έτος
QS34		Απάντηση σε έγγραφα παράπονα	QS34=(F22/F23)*100	%

## Πίνακας ΠΒ.Π-1.1. συνέχεια (υπόλοιποι 47 από τους 170) (Alegre et al. 2006)

F11		Πωλήσεις ανά μονάδα	$F11=(G2-G35)/A14$	EUR/m3
F12	Έσοδα	Έσοδα πωλήσεων	$F12=(G3/G1)*100$	%
F13		Άλλα έσοδα	$F13=[(G1-G3)/G1]*100$	%
F14		Συνολικό κόστος ανά μονάδα	$F14=G4/A14$	EUR/m3
F15	Κόστη	Τρέχοντα κόστη ανά μονάδα	$F15=G5/A14$	EUR/m3
F16		Κόστος κεφαλαίου ανά μονάδα	$F16=G6/A14$	EUR/m3
F17		Εσωτερικά κόστη manpower	$F17=(G8/G5)*100$	%
F18	Σύνθεση τρεχούμενου	Εξωτερικά κόστη υπηρεσιών	$F18=(G9/G5)*100$	%
F19	κόστους ανά τύπο	Κόστη εισερχόμενου νερού (ακατέργαστου & κατεργασμένου)	$F19=(G10/G5)*100$	%
F110	κόστους	Κόστη ηλεκτρικής ενέργειας	$F110=(G11/G5)*100$	%
F111		Άλλα κόστη	$F111=[(G12+G13+G14+G15+G16)/G5]*100$	%
F112		Κόστη λειτουργιών γενικής διαχείρισης	$F112=(G17/G5)*100$	%
F113	Σύνθεση τρεχούμενου	Κόστη λειτουργιών διαχείρισης ανθρωπίνων πόρων	$F113=(G18/G5)*100$	%
F114	κόστους ανά κύρια	Κόστη λειτουργιών χρηματοοικονομικών και εμπορίας	$F114=(G19/G5)*100$	%
F115	λειτουργία	Κόστη λειτουργιών εξυπηρέτησης πελατών	$F115=(G20/G5)*100$	%
F116		Κόστη λειτουργιών τεχνικών υπηρεσιών	$F116=(G22/G5)*100$	%
F117		Κόστη διαχείρισης υδατικών πόρων και catchment	$F117=(G22/G5)*100$	%
F118	Σύνθεση τρεχούμενου	Κόστη άντλησης και επεξεργασίας	$F118=(G23/G5)*100$	%
F119	κόστους ανά τεχνική	Κόστη μεταφοράς, αποθήκευσης και διανομής	$F119=(G24/G5)*100$	%
F120	δραστηριότητα	Κόστη παρακολούθησης ποιότητας νερού	$F120=(G25/G5)*100$	%
F121		Κόστη διαχείρισης μετρητών	$F121=(G26/G5)*100$	%
F122		Κόστη υποστήριξης υπηρεσιών	$F122=(G27/G5)*100$	%
F123	Σύνθεση κόστους	Κόστη αποσβέσεων	$F123=(G28/G6)*100$	%
F124	κεφαλαίου	Κόστη τόκων	$F124=[(G29-G30)/G6]*100$	%
F125		Επενδύσεις ανά μονάδα	$F125=G32/A14$	EUR/m3
F126	Επενδύσεις	Επενδύσεις για νέα πάγια και ενίσχυση των υπαρχόντων παγίων	$F126=(G33/G32)*100$	%
F127		Επενδύσεις για αντικατάσταση και ανανέωση των παγίων	$F127=(G34/G32)*100$	%
F128	Μέση χρέωση νερού	Μέση χρέωση νερού για άμεση κατανάλωση	$F128=G36/(A14-A7)$	EUR/m3
F129		Μέση χρέωση νερού για εξαγόμενο νερό	$F129=G37/(A5+A7)$	EUR/m3
F130		Αναλογία κάλυψης συνολικού κόστους	$F130=G1/G4$	
F131		Αναλογία κάλυψης λειτουργικού κόστους	$F131=G1/G5$	
F132		Καθυστερήσεις σε αναμενόμενους λογαριασμούς	$F132=(G38/G3)*H1$	ισοδύναμες ημέρες
F133		Αναλογία επενδύσεων	$F133=G39/G28$	
F134	Αποδοτικότητα	Συνεσφορά ιδίων πόρων στις επενδύσεις	$F134=(G40/G32)*100$	%
F135		Μέση ηλικία υλικών περιουσιακών στοιχείων	$F135=(G41/G42)*100$	%
F136		Λόγος μέσης απόσβεσης	$F136=G28/G42$	
F137		Λόγος καθυστερημένων πληρωμών	$F137=1-(G43/G44)$	
F138		Αξία απογραφών (inventory)	$F138=G51/G2$	
F139	Μόχλευση	Αναλογία κάλυψης χρεών	$F139=(G45/G46)*100$	%
F140		Σχέση οφειλών προς τρέχουσα αξία μετοχών	$F140=G47/G48$	
F141	Ρευστότητα	Βραχυπρόθεσμα κυκλοφοριακή ρευστότητα	$F141=G49/G53$	
F142		Απόδοση με βάση τα στοιχεία του ενεργητικού	$F142=[G54/(G42-G41)]*100$	%
F143		Απόδοση κεφαλαίου	$F143=(G56/G48)*100$	%
F144	Κερδοφορία	Απόδοση κεφαλαίου (return on capital employed)	$F144=[(G54-G55)/G50]*100$	%
F145		Λόγος πωλήσεων προς ενεργητικό	$F145=G3/G50$	
F146	Οικονομικοί δείκτες	Μη Ανταποδοτικό νερό ανά όγκο	$F146=(A21/A3)*100$	%
F147	απωλειών νερού	Μη Ανταποδοτικό νερό ανά κόστος	$F147=[(A13+A18)*G57+(A19*G58)/G5]*100$	%

## Πίνακας ΠΒ.Π-1.2. Μεταβλητές για τον υπολογισμό των δεικτών (Alegre et al. 2006)

	<b>ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ</b>	<b>ΜΕΤΡΟ</b>
A1	Ετήσια παραγωγή ιδίων υδατικών πόρων	m3/έτος
A2	Ετήσιο νερό που εισάγεται στο σύστημα	m3/έτος
A3	Εισερχόμενο νερό στο σύστημα	m3
A4	Μέγιστη ποσότητα επεξεργασμένου νερού ανά ημέρα	m3/ημέρα
A5	Εξαγόμενο ακατέργαστο νερό	m3
A6	Παραγόμενο νερό	m3
A7	Εξαγόμενο κατεργασμένο νερό	m3
A8	Τιμολογούμενη μετρούμενη κατανάλωση	m3
A9	Τιμολογούμενη μη-μετρούμενη κατανάλωση	m3
A10	Τιμολογούμενη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση	m3
A11	Μη-τιμολογούμενη μετρούμενη κατανάλωση	m3
A12	Μη-τιμολογούμενη μη-μετρούμενη κατανάλωση	m3
A13	Μη-τιμολογούμενη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση	m3
A14	Εξουσιοδοτημένη κατανάλωση	m3
A15	Απώλειες νερού	m3
A16	Μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση	m3
A17	Απώλειες νερού από ανακρίβειες μετρητών	m3
A18	Φανερές απώλειες	m3
A19	Πραγματικές απώλειες	m3
A20	Ανταποδοτικό νερό	m3
A21	Μη ανταποδοτικό νερό	m3
A22	Επαναχρησιμοποιούμενο παρεχόμενο νερό	m3
B1	Συνολικό προσωπικό	No.
B2	Προσωπικό γενικής διεύθυνσης	No.
B3	Προσωπικό διαχείρισης ανιρωπίνων πόρων	No.
B4	Προσωπικό χρηματοοικονομικών και εμπορίας	No.
B5	Προσωπικό εξυπηρέτησης πελατών	No.
B6	Προσωπικό τεχνικών υπηρεσιών	No.
B7	Προσωπικό σχεδιασμού και κατασκευών	No.
B8	Προσωπικό λειτουργίας και συντήρησης	No.
B9	Προσωπικό διαχείρισης υδατικών πόρων	No.
B10	Προσωπικό άντλησης και επεξεργασίας	No.
B11	Προσωπικό μεταφοράς, αποθήκευσης και διανομής	No.
B12	Προσωπικό παρακολούθησης ποιότητας νερού	No.
B13	Προσωπικό διαχείρισης μετρητών	No.
B14	Προσωπικό υποστήριξης υπηρεσιών	No.
B15	Προσωπικό πανεπιστημιακής εκπαίδευσης	No.
B16	Προσωπικό βασικής εκπαίδευσης	No.
B17	Προσωπικό άλλων ειδικοτήτων	No.
B18	Συνολικός χρόνος εκπαίδευσης	ώρες
B19	Χρόνος εσωτερικής εκπαίδευσης	ώρες
B20	Χρόνος εξωτερικής εκπαίδευσης	ώρες
B21	Εργατικά ατυχήματα	No.
B22	Απουσίες	ημέρες
B23	Απουσίες εξαιτίας ατυχημάτων ή ασθενειών στην εργασία	ημέρες
B24	Απουσίες εξαιτίας άλλων λόγων	ημέρες
B25	Χρόνος εργασίας	ώρες
B26	Χρόνος υπερωριακής εργασίας	ώρες
C1	Δυναμικότητα αποθήκευσης ακατέργαστου νερού	m3
C2	Δυναμικότητα αποθήκευσης κατεργασμένου νερού	m3
C3	Δυναμικότητα ημερήσιας κατεργασίας	m3/ημέρα
C4	Αντλίες	No.
C5	Σταθμοί άντλησης	No.
C6	Δυναμικότητα σταθμών άντλησης	kW
C7	Μέγιστη δυναμικότητα λειτουργικής άντλησης	kW
C8	Μήκος αγωγών	km
C9	Μήκος αγωγών διανομής	km
C10	Μετρητές ροής συστήματος	No.
C11	Περιφερειακοί μετρητές	No.
C12	Μετρητές πίεσης	No.
C13	Μετρητές στάθμης νερού	No.
C14	Συσκευές παρακολούθησης ποιότητας νερού on line	No.
C15	Μονάδες ελέγχου	No.
C16	Αυτοματοποιημένες μονάδες ελέγχου	No.
C17	Ελεγχόμενες μονάδες με τηλεχειρισμό	No.
C18	Συστήματα έκτακτης ενέργειας	kW
C19	Συσκευές μετάδοσης σήματος	No.
C20	Electrical switchgear	No.
C21	Βαλβίδες αγωγών	No.
C22	Βαλβίδες απομόνωσης	No.
C23	Κρουνοί	No.
C24	Συνδέσεις καταναλωτών	No.

## Πίνακας ΠΒ.Π-1.2. συνέχεια

D1	Κατανάλωση ενέργειας άντλησης	kW h
D2	Μέγιστη ημερήσια κατανάλωση ενέργειας άντλησης	kW h
D3	Παράγοντας κανονικοποίησης	m <sup>3</sup> *100m
D4	Κατανάλωση reactive energy	kVar
D5	Ανάκτηση ενέργειας	W h
D6	Επιθεώρηση άντλησης	kW
D7	Καθαρισμός δεξαμενών αποθήκευσης	m <sup>3</sup>
D8	Επιθεώρηση δικτύου	km
D9	Έλεγχος διαρροών	km
D10	Διαρροές που επισκευάστηκαν κατά τον ενεργό έλεγχο διαρροών	No.
D11	Επιθεώρηση κρουνών	No.
D12	Διαβαθμίσεις μετρητών ροής του συστήματος	No.
D13	Διαβαθμίσεις μετρητών πίεσης	No.
D14	Διαβαθμίσεις μετρητών στάθμης νερού	No.
D15	Διαβαθμίσεις συσκευών παρακολούθησης ποιότητας νερού on line	No.
D16	Επιθεώρηση συστημάτων έκτακτης ενέργειας	kW
D17	Επιθεώρηση συσκευών μετάδοσης σήματος	No.
D18	Επιθεώρηση electrical switchgear	No.
D19	Μόνιμα αυτοκίνητα	No.
D20	Αποκατάσταση αγωγών	km
D21	Ανανέωση αγωγών (renovation)	km
D22	Αντικατάσταση αγωγών	km
D23	Βαλβίδες που αντικαταστάθηκαν	No.
D24	Αποκατάσταση συνδέσεων καταναλωτών	No.
D25	Επιθεώρηση αντλιών	kW
D26	Αντικατάσταση αντλιών	kW
D27	Αποτυχίες αντλιών	ημέρες
D28	Αποτυχίες αγωγών	No.
D29	Αποτυχίες συνδέσεων καταναλωτών	No.
D30	Αποτυχίες κρουνών	No.
D31	Αποτυχίες ενέργειας	ώρες
D32	Αποτυχίες water point	No.
D33	Delivery points με ικανοποιητική πίεση	No.
D34	Μέση πίεση λειτουργίας	kPa
D35	Διακοπές νερού	άτομα*ώρες
D36	Διακοπές υπηρεσιών νερού	No.
D37	Περιορισμοί χρήσης νερού	άτομα*ώρες
D38	Ημέρες με περιορισμούς στις υπηρεσίες νερού	ημέρες
D39	Συχνότητα καταγραφής μετρήσεων οικιακών πελατών	No./μετρητή/έτος
D40	Συχνότητα καταγραφής μετρήσεων βιομηχανικών πελατών	No./μετρητή/έτος
D41	Συχνότητα καταγραφής μετρήσεων πελατών χονδρικής	No./μετρητή/έτος
D42	Καταγραφές μετρητών πελατών	No.
D43	Καταγραφές μετρητών οικιακών πελατών	No.
D44	Μετρητές σε λειτουργία	No.
D45	Αντικατάσταση μετρητών	No.
D46	Απαιτούμενες δοκιμές ελέγχου ποιότητας επεξεργασμένου νερού που πραγματοποιήθηκαν	No.
D47	Απαιτούμενες δοκιμές aesthetic που πραγματοποιήθηκαν	No.
D48	Απαιτούμενες μικροβιολογικές δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν	No.
D49	Απαιτούμενες φυσικο-χημικές δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν	No.
D50	Απαιτούμενες δοκιμές ραδιενέργειας που πραγματοποιήθηκαν	No.
D51	Πραγματοποιηθείσες δοκιμές ποιότητας επεξεργασμένου νερού	No.
D52	Πραγματοποιηθείσες δοκιμές ποιότητας νερού	No.
D53	Πραγματοποιηθείσες δοκιμές aesthetic	No.
D54	Πραγματοποιηθείσες μικροβιολογικές δοκιμές	No.
D55	Πραγματοποιηθείσες φυσικο-χημικές δοκιμές	No.
D56	Πραγματοποιηθείσες δοκιμές ραδιενέργειας	No.
D57	Απαιτούμενες δοκιμές ποιότητας νερού	No.
D58	Απαιτούμενες δοκιμές aesthetic	No.
D59	Απαιτούμενες μικροβιολογικές δοκιμές	No.
D60	Απαιτούμενες φυσικο-χημικές δοκιμές	No.
D61	Απαιτούμενες δοκιμές ραδιενέργειας	No.
D62	Compliance of aesthetic δοκιμές	No.
D63	Compliance μικροβιολογικών δοκιμών	No.
D64	Compliance φυσικο-χημικών δοκιμών	No.
D65	Compliance ραδιενεργών δοκιμών	No.

## Πίνακας ΠΒ.Π-1.2. συνέχεια

	Μ Ε Τ Α Β Λ Η Τ Η	Μ Ε Τ Ρ Ο
E 1	Νοικοκυριά και επιχειρήσεις συνδεδεμένα	Νο.
E 2	Κτίρια συνδεδεμένα στο δίκτυο	Νο.
E 3	Νοικοκυριά και επιχειρήσεις	Νο.
E 4	Κτίρια	Νο.
E 5	Πληθυσμός που κατοικεί	άτομα
E 6	Άμεσοι μετρητές πελατών	Νο.
E 7	Οικιακοί μετρητές πελατών	Νο.
E 8	Βιομηχανικοί μετρητές πελατών	Νο.
E 9	Μετρητές πελατών χονδρικής	Νο.
E 10	Καταγεγραμμένοι πελάτες	πελάτες
E 11	Καταγεγραμμένοι οικιακοί πελάτες	πελάτες
F 1	Πληθυσμός που του παρέχεται νερό	άτομα
F 2	Πληθυσμός που του παρέχεται νερό με συνδέσεις	άτομα
F 3	Πληθυσμός που του παρέχεται νερό με βρύσες or standpipes	άτομα
F 4	Απόσταση από τα water points μέχρι τα σπίτια	m
F 5	Κατανάλωση των δημόσιων βρυσών and standpipes	m <sup>3</sup>
F 6	Water points	Νο.
F 7	Water points που λειτουργούν	Νο.
F 8	Δημόσιες βρύσες and standpipes	Νο.
F 9	Χρόνος εγκατάστασης νέων συνδέσεων	ημέρες
F 10	Νέες συνδέσεις που εγκαταστάθηκαν	Νο.
F 11	Χρόνος εγκατάστασης μετρητών των πελατών	ημέρες
F 12	Νέοι μετρητές καταναλωτών που εγκαταστάθηκαν	Νο.
F 13	Χρόνος επισκευής συνδέσεων	ημέρες
F 14	Συνδέσεις που επισκευάστηκαν	Νο.
F 15	Παράπονα πελατών	Νο.
F 16	Παράπονα πιέσεων	Νο.
F 17	Παράπονα συνέχειας	Νο.
F 18	Παράπονα ποιότητας νερού	Νο.
F 19	Παράπονα για διακοπές	Νο.
F 20	Παράπονα για λογαριασμούς και ερωτήσεις	Νο.
F 21	Άλλα παράπονα και ερωτήσεις	Νο.
F 22	Γραπτές απαντήσεις	Νο.
F 23	Γραπτά παράπονα	Νο.

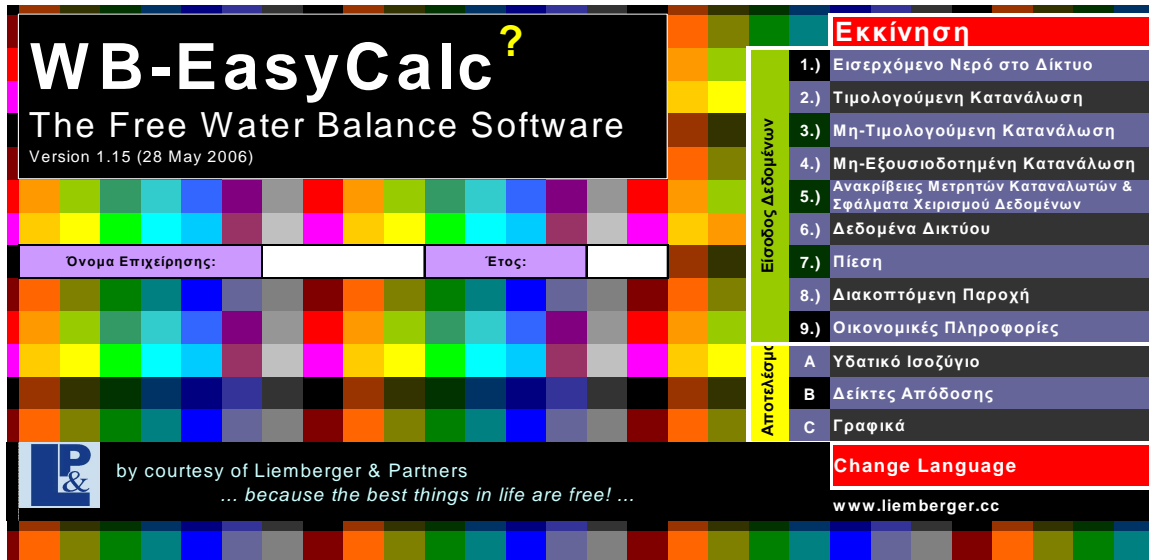


## Πίνακας ΠΒ.Π-1.2. συνέχεια

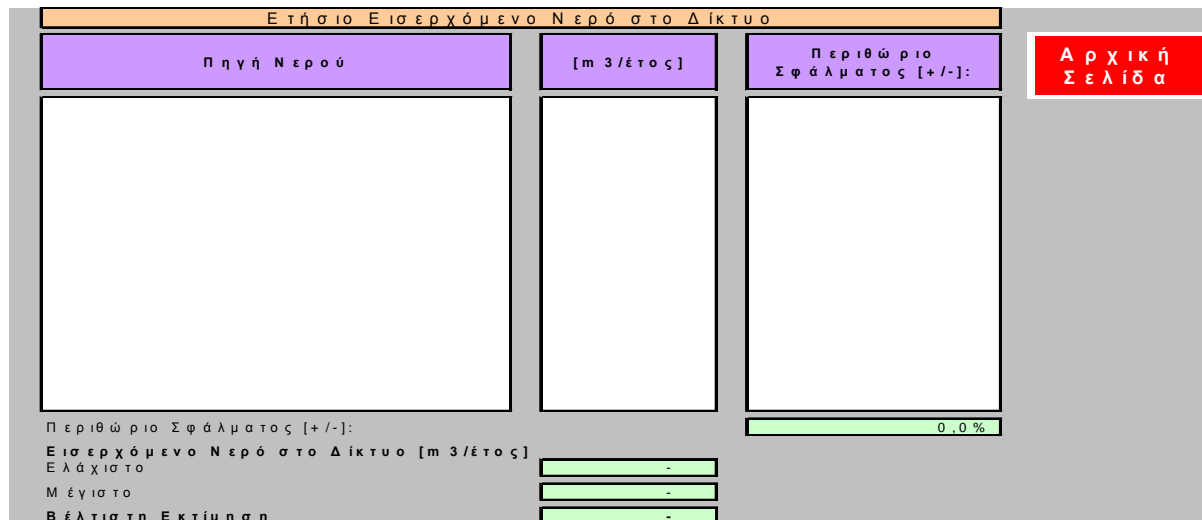
G1	Συνολικά έσοδα	EUR
G2	Λειτουργικά έσοδα	EUR
G3	Έσοδα πωλήσεων	EUR
G4	Συνολικά κόστη	EUR
G5	Τρέχοντα κόστη	EUR
G6	Κόστη κεφαλαίου	EUR
G7	Λειτουργικά κόστη	EUR
G8	Εσωτερικά κόστη manpower	EUR
G9	Κόστη εξωτερικών υπηρεσιών	EUR
G10	Κόστη εισαγόμενου νερού (ακατέργαστου & κατεργασμένου)	EUR
G11	Κόστη ηλεκτρικής ενέργειας	EUR
G12	Εμπορεύματα που αγοράστηκαν	EUR
G13	Ενοικιάσεις και leasing	EUR
G14	Φόροι κλπ	EUR
G15	Κέρδη και ζημίες εξαιρετικού περιεχομένου	EUR
G16	Άλλα κόστη λειτουργίας	EUR
G17	Τρέχοντα κόστη γενικής διοίκησης	EUR
G18	Τρέχοντα κόστη διοίκησης ανθρώπινων πόρων	EUR
G19	Τρέχοντα κόστη χρηματοοικονομικά και εμπορικά	EUR
G20	Τρέχοντα κόστη υπηρεσιών πελατών	EUR
G21	Τρέχοντα κόστη σχεδιασμού, κατασκευών, λειτουργίας και συντήρησης	EUR
G22	Τρέχοντα κόστη διαχείρισης υδατικών πόρων	EUR
G23	Τρέχοντα κόστη άντλησης και επεξεργασίας	EUR
G24	Τρέχοντα κόστη μεταφοράς, αποθήκευσης και διανομής	EUR
G25	Τρέχοντα κόστη δοκιμών και δειγματοληψιών ποιότητας νερού	EUR
G26	Τρέχοντα κόστη διαχείρισης μετρητών	EUR
G27	Τρέχοντα κόστη υπηρεσιών υποστήριξης	EUR
G28	Κόστη αποσβέσεων	EUR
G29	Κόστη εξόδων τόκων	EUR
G30	Έσοδα τόκων	EUR
G31	Καθαρός τόκος	EUR
G32	Επενδύσεις σε υλικά παγίων	EUR
G33	Επενδύσεις για νέα πάγια και ενδυνάμωση των υπαρχόντων	EUR
G34	Επενδύσεις για αντικατάσταση και ανανέωση των παγίων	EUR
G35	Κόστος κεφαλοποίησης των παγίων που αυτό-κατασκευάστηκαν	EUR
G36	Έσοδα πωλήσεων νερού για άμεση κατανάλωση	EUR
G37	Έσοδα πωλήσεων νερού για εξαγόμενο νερό	EUR
G38	Λογαριασμοί εισπρακτέοι	EUR
G39	Επενδύσεις υποκείμενες σε αποσβέσεις	EUR
G40	Επενδύσεις χρηματοδοτηθείσες από τη ροή χρημάτων	EUR
G41	Αποσβεσθείσα ιστορική αξία υλικών παγίων	EUR
G42	Ιστορική αξία υλικών παγίων	EUR
G43	Ετήσιο χρέος από πελάτες	EUR
G44	Ετήσιο ποσό που τιμολογείται τον χρόνο	EUR
G45	Ροή χρημάτων (cash flow)	EUR
G46	financial debt service	EUR
G47	Συνολικό χρέος	EUR
G48	Μετοχές	EUR
G49	Τρέχοντα πάγια	EUR
G50	Συνολικά πάγια	EUR
G51	Αποθέματα	EUR
G52	Μακροπρόθεσμες υποχρεώσεις	EUR
G53	Τρέχουσες υποχρεώσεις	EUR
G54	Λειτουργικό εισόδημα	EUR
G55	Φόροι σχετιζόμενοι με λειτουργικό εισόδημα	EUR
G56	Καθαρό εισόδημα	EUR
G57	Μέσες χρεώσεις νερού για άμεση κατανάλωση	EUR/m <sup>3</sup>
G58	Αποδιδόμενο κόστος μονάδας για πραγματικές απώλειες	EUR/m <sup>3</sup>
H1	Περίοδος μελέτης	ημέρες
H2	Χρόνος που το σύστημα είναι υπό πίεση	ώρες

## Παράρτημα Γ: Λογισμικό WB EasyCalc

Στο Παράρτημα Γ παρουσιάζεται το λογισμικό WB EasyCalc που αναπτύχθηκε από τον Liemberger και την ομάδα του ([www.liemberger.cc](http://www.liemberger.cc)). Η απόδοση στην Ελληνική γλώσσα έγινε από την ομάδα εργασίας μας. Το λογισμικό παρουσιάζεται στα σχήματα που ακολουθούν.



Σχήμα ΠΓ.Σ-1.1. Αρχική σελίδα



Σχήμα ΠΓ.Σ-1.2. Σελίδα Ετήσιου εισερχόμενου νερού στο δίκτυο

Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση		Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση		Αρχική Σελίδα
Περιγραφή	[m3/έτος]	Περιγραφή	[m3/έτος]	
Μαζική Παροχή Νερού (Εξαγωγή)		Μαζική Παροχή Νερού (Εξαγωγή)		
Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση		Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση		
[m3/έτος]	-	[m3/έτος]	-	

Σχήμα ΠΓ.Σ-1.3. Σελίδα Τιμολογούμενης Κατανάλωσης

Μη-Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση		Μη-Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση			Αρχική Σελίδα
Περιγραφή	[m3/έτος]	Περιγραφή	[m3/έτος]	Περιθώριο Σφάλματος [+/- ]:	
Μαζική Παροχή Νερού (Εξαγωγή)					
Μη-Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση		Μη-Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση			
[m3/έτος]	-	Περιθώριο Σφάλματος [+/-]:		0,0%	
		Μη-Τιμολογούμενη Μη-μετρούμενη Κατανάλωση [m3/έτος]			
		Ελάχιστο	-		
		Μέγιστο	-		
		Βέλτιστη Εκτίμηση	-		

Σχήμα ΠΓ.Σ-1.4. Σελίδα Μη-Τιμολογούμενης Κατανάλωσης

Μη-Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση					
Περιγραφή	Εκτιμώμενος Αριθμός	Περιθώριο Σφάλματος [+/-]:	Άτομα ανά Οικία	Κατανάλωση [λίτρα/άτομο/ημέρα]	Σύνολο [m3/έτος]
Παράνομες Συνδέσεις - οικιακές					-
				Κατανάλωση [λίτρα/σύνδεση/ημέρα]	-
Παράνομες Συνδέσεις - άλλες					-
				Κατανάλωση [λίτρα/πελάτη/ημέρα]	-
Παράκαμψη μετρητή, παρακάμψεις κλπ. σε εγγεγραμμένους καταναλωτές					-
				Κατανάλωση [m3/ημέρα]	-
					-
					-
					-
Περιθώριο Σφάλματος [+/-]:		0,0%			-
Μη-Εξουσιοδοτούμενη Κατανάλωση [m3/έτος]					-
Ελάχιστο					-
Μέγιστο					-
Βέλτιστη Εκτίμηση					-

Αρχική Σελίδα

Σχήμα ΠΓ.Σ-1.5. Σελίδα Μη Εξουσιοδοτημένης Κατανάλωσης

Ανακρίβειες Μετρητών Καταναλωτών & Σφάλματα Χειρισμού Δεδομένων				
Περιγραφή	Σύνολο [m3/έτος]	Υπομέτρηση Μετρητών	Σύνολο [m3/έτος]	Περιθώριο Σφάλματος [+/-]:
Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση (χωρίς Μαζική Παροχή)	-		-	
Μετρούμενη Μαζική Παροχή (Εξαγωγή)	-		-	
Μη-Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση (χωρίς Μαζική Παροχή)	-		-	
		Εκτιμώμενο % υπομέτρησης		
Εκφυλισμένες Πρακτικές Μέτρησης Μετρητών			-	
Σφάλματα Χειρισμού Δεδομένων (Γραφείο)				
Περιθώριο Σφάλματος [+/-]:				0%
Ανακρίβειες Μετρητών Καταναλωτών & Σφάλματα Χειρισμού Δεδομένων				
Ελάχιστο			-	
Μέγιστο			-	
Βέλτιστη Εκτίμηση			-	

Αρχική Σελίδα

Σχήμα ΠΓ.Σ-1.6. Σελίδα Ανακριβειών Μετρητών Καταναλωτών και Σφαλμάτων Χειρισμού Δεδομένων



Διακοπτόμενη Παροχή			
Περιοχή	Αριθμός Συνδέσεων κατά Προσέγγιση	Χρόνος Παροχής [ημέρες ανά εβδομάδα]	Χρόνος Παροχής [ώρες την ημέρα]
Περιθώριο Σφάλματος [+/-]:			
Μέσος Χρόνος Παροχής [h/ημέρα]			
Ελάχιστο			24,0
Μέγιστο			24,0
Βέλτιστη Εκτίμηση			24,0

Αρχική Σελίδα

Σχήμα ΠΓ.Σ-1.9. Σελίδα Διακοπτόμενης Παροχής

Οικονομικές Πληροφορίες			
	ανά m3	Νόμισμα	
Μέση Τιμή	1		
Μεταβλητό Κόστος Παραγωγής και Διανομής (Οριακό Κόστος Νερού)	2		
<p>Στοιχεία Μη Ανταποδοτικού Νερού μπορούν να τιμολογηθούν είτε με (1) Μέση Τιμή - αν το νερό μπορεί να πωληθεί ή με (2) Κόστος Παραγωγής και Διανομής - αν μια μείωση του στοιχείου του MAN (NRW) μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένο Ετήσιο Εισερχόμενο Νερό. Για Μέση Τιμή εισάγετε 1, για Κόστος Παραγωγής και Διανομής εισάγετε 2.</p>			
Στοιχείο MAN (NRW)		Αξία	
Μη-Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση	1	-	
Μη-Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση	2	-	
Εμφανείς Απώλειες	1	-	
Πραγματικές Απώλειες	2	-	
Συνολική Αξία του MAN (NRW)		-	
Ετήσιο Κόστος Λειτουργίας (χωρίς υποτίμηση)			

Αρχική Σελίδα

Σχήμα ΠΓ.Σ-1.10. Σελίδα Οικονομικών Πληροφοριών

<p style="text-align: center; color: white; background-color: red; padding: 2px;"><b>Αρχική Σελίδα</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Ετήσιο Εισερχόμενο Νερό στο Δίκτυο</b></p> <p style="text-align: center;">0 m<sup>3</sup>/έτος Περιθώριο Σφάλματος [+/-]: 0,0%</p>	<p>Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση</p> <p style="text-align: center;">0 m<sup>3</sup>/έτος Περιθώριο Σφάλματος [+/-]: 0,0%</p>	<p>Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη</p> <p style="text-align: center;">0 m<sup>3</sup>/έτος</p>	<p>Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση</p> <p style="text-align: center;">0 m<sup>3</sup>/έτος</p>	<p>Νερό που Αποδίδει Έσοδα</p> <p style="text-align: center;">0 m<sup>3</sup>/έτος</p>	
				<p>Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση</p> <p style="text-align: center;">0 m<sup>3</sup>/έτος</p>	
			<p>Μη-Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση</p> <p style="text-align: center;">0 m<sup>3</sup>/έτος Περιθώριο Σφάλματος [+/-]: 0,0%</p>	<p>Μη-Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση</p> <p style="text-align: center;">0 m<sup>3</sup>/έτος</p>	
			<p>Μη-Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση</p> <p style="text-align: center;">0 m<sup>3</sup>/έτος Περιθώριο Σφάλματος [+/-]: 0,0%</p>	<p>Μη-Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση</p> <p style="text-align: center;">0 m<sup>3</sup>/έτος Περιθώριο Σφάλματος [+/-]: 0,0%</p>	
		<p>Απώλειες Νερού</p> <p style="text-align: center;">0 m<sup>3</sup>/έτος Περιθώριο Σφάλματος [+/-]: 0,0%</p>	<p>Εμφανείς Απώλειες</p> <p style="text-align: center;">0 m<sup>3</sup>/έτος Περιθώριο Σφάλματος [+/-]: 0,0%</p>	<p>Μη-Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση</p> <p style="text-align: center;">0 m<sup>3</sup>/έτος Περιθώριο Σφάλματος [+/-]: 0,0%</p>	<p>Μη Ανταποδοτικό Νερό (MAN - NRW)</p> <p style="text-align: center;">0 m<sup>3</sup>/έτος Περιθώριο Σφάλματος [+/-]: 0,0%</p>
			<p>Ανακρίβειες Μετρητών Καταναλωτών &amp; Σφάλματα Χειρισμού Δεδομένων</p> <p style="text-align: center;">0 m<sup>3</sup>/έτος Περιθώριο Σφάλματος [+/-]: 0,0%</p>	<p>Ανακρίβειες Μετρητών Καταναλωτών &amp; Σφάλματα Χειρισμού Δεδομένων</p> <p style="text-align: center;">0 m<sup>3</sup>/έτος Περιθώριο Σφάλματος [+/-]: 0,0%</p>	
		<p>Πραγματικές Απώλειες</p> <p style="text-align: center;">0 m<sup>3</sup>/έτος Περιθώριο Σφάλματος [+/-]: 0,0%</p>			

**Σχήμα ΠΓ.Σ-1.11. Σελίδα Υδατικού Ισοζυγίου**

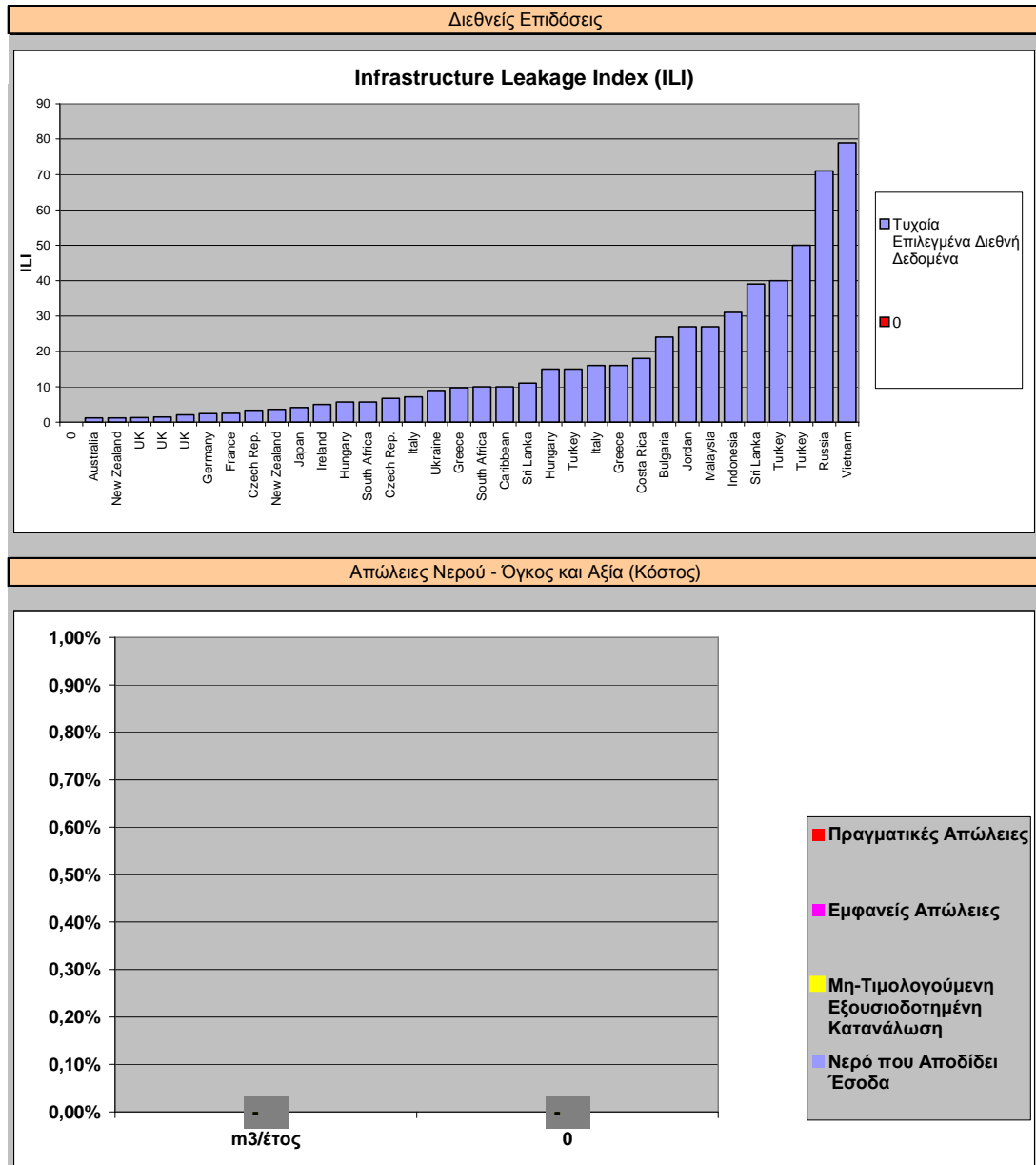
Δείκτες Απόδοσης				
Επίπεδο Υπηρεσιών				
	Βέλτιστη Εκτίμηση	Περιθώριο Σφάλματος [+/-]:	Κατώτερο Όριο	Ανώτερο Όριο
Μέσος Χρόνος Παροχής [h/ημέρα]	24,0	0%	24,0	24,0
Μέση Πίεση [m]	0,0	0%	0,0	0,0
Όγκος Πραγματικών Απωλειών				
	Βέλτιστη Εκτίμηση	Περιθώριο Σφάλματος [+/-]:	Κατώτερο Όριο	Ανώτερο Όριο
CARL-Τρέχον Ετήσιος Όγκος Παραγματικών Απωλειών (m3/έτος)	0	0%	0	0
UARL-Ετήσιος Όγκος Αναπόφευκτων Πραγματικών Απωλειών (m3/έτος)	0	0%	0	0
Δείκτες Απόδοσης Πραγματικών Απωλειών				
	Βέλτιστη Εκτίμηση	Περιθώριο Σφάλματος [+/-]:	Κατώτερο Όριο	Ανώτερο Όριο
Δείκτης Διαρροών Υποδομής (ILI)	0	0%	0	0
Λίτρα ανά Σύνδεση ανά Ημέρα (w.s.p.) w.s.p.: όταν το σύστημα είναι υπό πίεση - αυτό σημαίνει ότι η τιμή είναι ήδη διορθωμένη στην περίπτωση διακοπόμενης παροχής	0	0%	0	0
Λίτρα ανά Σύνδεση ανά Ημέρα ανά μέτρο Πίεσης (w.s.p.)	0	0%	0	0
0	0,00	0%	0,00	0,00
Δείκτες Απόδοσης Εμφανών Απωλειών				
	Βέλτιστη Εκτίμηση	Περιθώριο Σφάλματος [+/-]:	Κατώτερο Όριο	Ανώτερο Όριο
Εμφανείς Απώλειες εκφρασμένες σε % της Εξουσιοδοτημένης Κατανάλωσης	0%	0%	0%	0%
Οικονομικοί Δείκτες Απόδοσης				
	Βέλτιστη Εκτίμηση	Περιθώριο Σφάλματος [+/-]:	Κατώτερο Όριο	Ανώτερο Όριο
Όγκος Μη Ανταποδοτικού Νερού εκφρασμένος σε % του Εισερχόμενου Νερού στο Δίκτυο	0%	0%	0%	0%
Αξία του Μη Ανταποδοτικού Νερού εκφρασμένη σε % του Ετήσιου Κόστους Λειτουργίας	0%	0%	0%	0%

**Αρχική Σελίδα**

Ομάδα Απόδοσης	
Κατάσταση Ανεπτυγμένων Χωρών  Εξηγήσεις	Κατάσταση Αναπτυσσόμενων Χωρών  Εξηγήσεις

Σχήμα ΠΓ.Σ-1.12. Σελίδα Δεικτών Απόδοσης (αποτελέσματα)





Σχήμα ΠΓ.Σ-1.13. Σελίδα γραφικών αποτελεσμάτων (ILI, απώλειες νερού)

Εκκίνηση	
<p>1.) Το WB-EasyCalc σχεδιάστηκε για να βοηθήσει τις επιχειρήσεις ύδρευσης και τους συμβούλους να εφαρμόσουν κατάλληλα την μεθοδολογία της IWA Water Loss Task Force</p> <p>2.) Η προεπιλεγμένη γλώσσα είναι τα Αγγλικά χρησιμοποιώντας την ορολογία της IWA. Αν θέλετε να χρησιμοποιήσετε τους όρους της Παγκόσμιας Τράπεζας "Φυσικές Απώλειες" και "Εμπορικές Απώλειες" πιέστε το κουμπί "Αλλαγή Γλώσσας" και επιλέξτε τον κωδικό 2.</p> <p>3.) Στην Ορολογία της Παγκόσμιας Τράπεζας, οι όροι της IWA "UARL-Αναπόφευκτος Ετήσιος Όγκος Πραγματικών Απωλειών" και "CARL-Τρέχων Ετήσιος Όγκος Πραγματικών Απωλειών" αντικαθιστώνται με τους όρους της Παγκόσμιας Τράπεζας "MAPL-Ελάχιστη Επιτεύξιμος Ετήσιος Όγκος Φυσικών Απωλειών" και "CAPL-Τρέχων Ετήσιος Όγκος Φυσικών Απωλειών". Παρόλα αυτά ο υποκείμενος τύπος παρέμεινε φυσικά αμετάβλητος.</p> <p>4.) Το WB-EasyCalc βελτιστοποιήθηκε για ανάλυση οθόνης 1024 x 768 Pixel</p> <p>5.) Χρωματικός Κώδικας:</p> <p>Λευκά κελιά είναι για την εισαγωγή των δεδομένων</p> <p>ανοιχτά πράσινα κελιά είναι τιμές που υπολογίζονται</p> <p>6.) Παρόλο που κάθε προσπάθεια έχει γίνει από τους προγραμματιστές να εξασφαλισθεί ότι το WB-EasyCalc δεν έχει σφάλματα, εκείνοι που χρησιμοποιούν το μοντέλο το κάνουν με δικιά τους ευθύνη. Οι Liemberger &amp; Συνεργάτες δεν δέχονται καμία νομική ευθύνη κάθε φύσης για απώλειες (άμεσες ή έμμεσες) υφιστάμενες μέσω της χρήσης αυτού του μοντέλου</p> <p>7.) Το πρόγραμμα προστατεύεται με κωδικούς που δεν θα αποκαλυφθούν.</p> <p>8.) GIGO-Garbage in Garbage out! Ο χρήστης πρέπει να γνωρίζει ότι τα αποτελέσματα που υπολογίζονται με αυτό το πρόγραμμα μπορούν να είναι εξαιρετικά λανθασμένα εάν τα δεδομένα της βάσης είναι λανθασμένα ή ελλιπή.</p> <p>9.) ΠΑΝΤΑ προτείνεται να γίνει μία πλήρης ανάλυση διαρροών βασισμένη σε μετρήσεις στο δίκτυο διανομής για να υποστηρίξει και να επιβεβαιώσει το νούμερο των πραγματικών απωλειών που υπολογίζει το πρόγραμμα.</p> <p>10.) Όταν χρησιμοποιείται το πρόγραμμα για πρώτη φορά, προτείνεται καταρχήν να εξοικειωθείτε με την μεθοδολογία. Ένα πλήρες αρχείο μελέτης υπόβαθρου μπορεί να ληφθεί από το <a href="http://www.liemberger.cc">www.liemberger.cc</a></p> <p>11.) Οι Liemberger &amp; Συνεργάτες θα εκτιμούσαν προτάσεις! Παρακαλούμε στείλτε τα σχόλιά σας στο <a href="mailto:office@liemberger.cc">office@liemberger.cc</a></p> <p>12.) Το WB-EasyCalc θα βελτιώνεται και θα ανανεώνεται συνεχώς - επισκεφθείτε ξανά το <a href="http://www.liemberger.cc">www.liemberger.cc</a> κατά διαστήματα για να ελέγξετε για νέες εκδόσεις.</p> <p><b>13.) My thanks go to many friends and colleagues who have helped to improve and complement this free software (and apologies to those that are not mentioned here):</b></p> <p><b>Ronnie McKenzie</b> (South Africa) has ensured that the statistical concept used follows the principles brought to the Water Industry by <b>Allan Lambert</b> (UK)</p> <p><b>Gary McLay</b> (Australia) has dedected a few fundamental bugs in the beta version!!!</p> <p><b>Malcolm Farley</b> has convinced me that the US spelling hurts too much for most people - therfore it is now only one of the language options!</p> <p><b>Pham Thach</b> (Vietnam) has prepared the translations for the first Non-English version</p> <p><b>Ms. Asel Abylgazieva</b> (Kyrgyz Republic) has kindly translated everything into Russian</p> <p><b>Ms. Yulfarida Arini</b> (Indonesia) has prepared the Bahasa Indonesia version that is now appreciated by many PDAMs (water utilities) in her country.</p> <p><b>Hervé Guibentif</b> (France) has used WB-EasyCalc to analyse the water losses of SIG, the water utility of Geneve, and was so kind to share the French language terms with us.</p> <p><b>Philippe Marin</b> (France) who contributed the slogan: ... <i>because the best things in life are free!</i> ...</p> <p><b>Marcello Schiatti</b> (Italy) was so kind to prepare the Italian language version (thanks also to my friend <b>Dewi Rogers!</b>)</p> <p><b>Ms. Debora Soares</b> (Brazil) from the water utility of São Paulo (SABESP) was so kind to prepare the Portuguese version.</p> <p>Professor <b>Fabio Garzon Contreras</b> (Columbia) from the Pontificia Universidad Javeriana in Cali has contributed the Spanish translation.</p>	<p>Αρχική Σελίδα</p> <p>Change Language</p>

Σχήμα ΠΓ.Σ-1.14. Σελίδα εκκίνησης και πληροφοριών

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

Αρχική Σελίδα

Πίσω στους Δείκτες

**A** Περαιτέρω μείωση των απωλειών μπορεί να είναι αντι-οικονομική εκτός αν υπάρχουν ελλείμματα. Απαιτείται προσεκτική ανάλυση για τον προσδιορισμό επωφελούς βελτίωσης

**B** Προοπτική βελτιώσεων: διαχείριση πίεσης, καλύτερες πρακτικές ελέγχου ενεργών διαρροών & καλύτερη συντήρηση δικτύου

**C** Φτωχό ιστορικό διαρροών: υποφερτό μόνο αν το νερό είναι άφθονο και φθηνό. Ακόμη και τότε, αναλύστε το επίπεδο και τη φύση των διαρροών και επιτείνετε τις προσπάθειες μείωσης των διαρροών

**D** Ανεπαρκής χρήση των πόρων: τα προγράμματα μείωσης των διαρροών είναι επιβεβλημένα και υψηλής προτεραιότητας

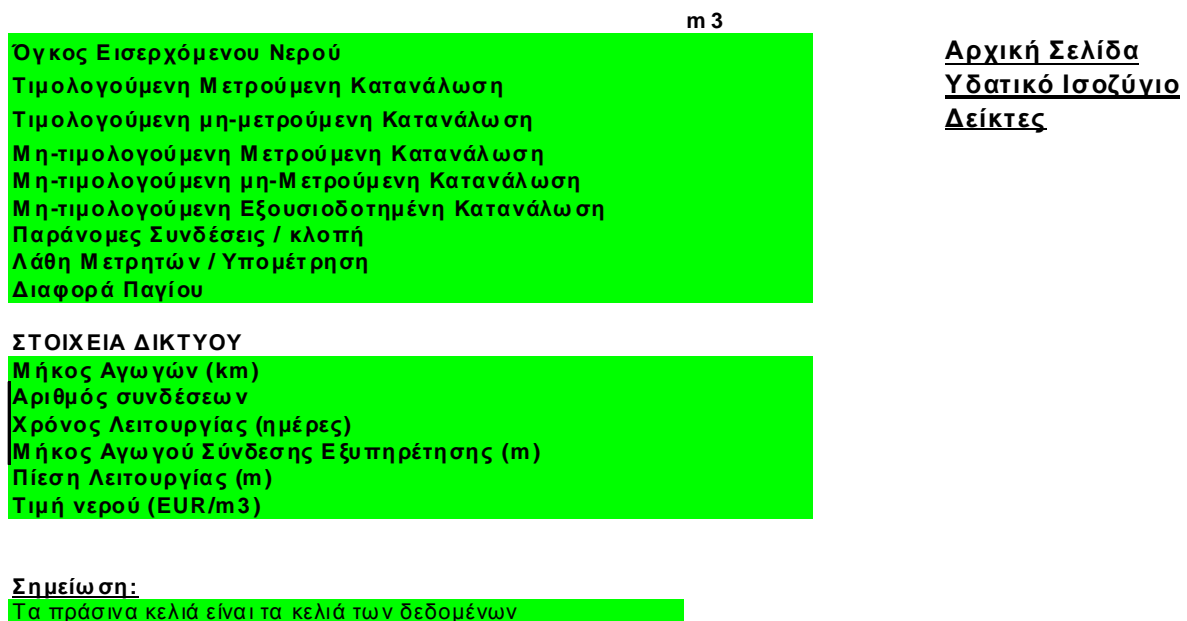
**Σχήμα ΠΓ.Σ-1.15.** Σελίδα κατάταξης δικτύου (πίνακας εκτίμησης πραγματικών απωλειών) και ερμηνειών

## Παράρτημα Δ: Εργαλείο υπολογισμού Υδατικού Ισοζυγίου και Δεικτών Απόδοσης

Το εργαλείο που αναπτύχθηκε για τον υπολογισμό του Προσαρμοσμένου Υδατικού Ισοζυγίου και των βασικών δεικτών απόδοσης είναι φιλικό προς τον χρήστη και εύκολο. Αναπτύχθηκε γιατί τα άλλα λογισμικά που παρουσιάστηκαν δεν λαμβάνουν υπόψη τους τη διαφορά του παγίου. Στα σχήματα ΠΔ.Σ-1.1 - 4 παρουσιάζεται το εργαλείο αυτό.



Σχήμα ΠΔ.Σ-1.1. Αρχική σελίδα εργαλείου υπολογισμού Υδατικού Ισοζυγίου και Δεικτών Απόδοσης



Σχήμα ΠΔ.Σ-1.2. Σελίδα δεδομένων του εργαλείου

ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΙWA

Εισερχόμενο Νερό στο Δίκτυο	Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση	Νερό που αποδίδει έσοδα		
		0	0			
	0	Μη-Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	Μη-Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση	Μη-Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	Μη Ανταποδοτικό Νερό (NRW)	
			0			0
		Απώλειες Νερού	Εμφανείς Απώλειες	Μη-Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση		Λάθη Μετρήτων / Μετρήσεων
			0	0		
Πραγματικές Απώλειες			0	Διαφορά παγίου		
			0	0		

Αρχική Σελίδα  
Δεδομένα  
Δείκτες

Σχήμα ΠΔ.Σ-1.3. Σελίδα υπολογισμού του Υδατικού Ισοζυγίου

ΔΕΙΚΤΕΣ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ΤΙΜΗ
Απώλειες Νερού ανά σύνδεση	m <sup>3</sup> /σύνδεση/χρόνος	
Απώλειες Νερού ανά μήκος αγωγών ανά ημέρα	lt/km αγωγών/ημέρα	
Πραγματικές Απώλειες ανά σύνδεση	m <sup>3</sup> /σύνδεση/χρόνος	
Πραγματικές Απώλειες ανά μήκος αγωγών	lt/km αγωγών/ημέρα	
Εμφανείς Απώλειες (lt/σύνδεση/ημέρα)	lt/σύνδεση/ημέρα	
Εμφανείς Απώλειες ως % Εξουσιοδοτημένης Καταν	%	
Εμφανείς Απώλειες ανά σύνδεση		
Non Revenue Water by Volume (NRW / SIV)	%	
Non Revenue Water	lt/σύνδεση/ημέρα	
Non Revenue Water	m <sup>3</sup> /km αγωγών/έτος	
UARL	lt/σύνδεση/ημέρα	
ILI		

Αρχική Σελίδα  
Δεδομένα  
Υδατικό Ισοζύγιο

Σχήμα ΠΔ.Σ-1.4. Σελίδα υπολογισμού των Δεικτών Απόδοσης