



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου»

Κατεύθυνση Διαχείριση Φυσικών και Ανθρωπογενών Καταστροφών

**«ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΞΗΡΑΣΙΑ/ΛΕΙΨΥΔΡΙΑ: ΣΥΣΤΗΜΙΚΗ
ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ
ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ ΜΕΤΑ
ΤΗΝ ΑΦΥΠΝΙΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ
ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 1988 – 1993»**

SAVE WATER. SAVE LIFE.

**Διπλωματική εργασία του
Ιωάννη Λεων. Δράκου**



Αθήνα, Φεβρουάριος 2016



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου»

Κατεύθυνση Διαχείριση Φυσικών και Ανθρωπογενών

Καταστροφών

**«ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΞΗΡΑΣΙΑ/ΛΕΙΨΥΔΡΙΑ: ΣΥΣΤΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ
ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ
ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΦΥΠΝΙΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ
1988 – 1993»**

Διπλωματική εργασία του Ιωάννη Λεων. Δράκου

Επιβλέπον καθηγητής Δρ. Ευθύμιος Καρύμπαλης

Αθήνα, Φεβρουάριος 2016

Πιστεύοντας στην ρήση
«Ζηλωτός όστις ηυτύχησεν εις τέκνα»
αφιερώνω το παρόν πόνημα
στα τέκνα μου Αικατερίνη και Βασιλική.

Πίνακας περιεχομένων

Πίνακας περιεχομένων	1
Περιεχόμενα πινάκων.....	11
Περιεχόμενα εικόνων	13
Ευχαριστίες	17
Περίληψη	19
Abstract.....	21
Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή.....	23
1.1 Το ζήτημα του Νερού στον κόσμο και την Ευρώπη	23
1.1.1 Ύδωρ – Ένα πολύτιμο συστατικό στην ΓΗ	23
1.1.2 Η Παγκόσμια Κρίση Νερού.....	25
1.1.3 Το ζήτημα του νερού στην Ευρώπη	27
1.1.4 Ευρωπαϊκές Οδηγίες για το νερό και κατευθύνσεις.....	30
1.2 Το ζήτημα του Νερού στον Νομό Αττικής	30
Κεφάλαιο 2 – Κλίμα & ξηρασία	35
2.1 Το κλίμα.....	35
2.1.1 Ορισμός	35
2.1.2 Η ατμόσφαιρα	35
2.1.3 Τα κατακρημνίσματα.....	36
2.1.4 Παράμετροι κλίματος.....	38
2.2 Το κλίμα της Ελλάδας.....	41
2.2.1 Γεωγραφικά χαρακτηριστικά	41
2.2.2 Κλιματικά χαρακτηριστικά	41
2.3 Ξηρασία	42
2.3.1 Ορισμός – Κατηγορίες ξηρασίας	42

2.3.2 Η ξηρασία σε σχέση με άλλες φυσικές καταστροφές.....	45
2.3.3 Τα χαρακτηριστικά της ξηρασίας	46
2.3.4 Μεταβλητότητα της βροχόπτωσης και της ξηρασίας	48
2.3.5 Παράμετροι εκτίμησης μεγέθους ξηρασίας	49
2.3.6 Αιτίες της ξηρασίας	53
2.3.7 Επιπτώσεις ξηρασίας.....	57
2.3.8 Διαχείριση ξηρασίας.....	58
2.3.9 Ευάλωτες στην ξηρασία περιοχές του πλανήτη	67
2.3.10 Ανασκόπηση μεγάλων φαινομένων ξηρασίας στον Κόσμο και την Ελλάδα	68
2.4 Το ιστορικό της ξηρασίας της περιόδου 1987 έως 1994.....	75
Κεφάλαιο 3 – Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας ως περιοχή μελέτης	85
3.1 Ιστορική αναδρομή	85
3.2 Θεσμικό πλαίσιο	90
3.3 Σκοπός του σχεδίου διαχείρισης	95
3.4 Το υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας.....	97
3.4.1 Υδάτινοι πόροι.....	98
3.4.2 Ταμιευτήρες.....	99
3.4.3 Υπόγειοι υδροφορείς και γεωτρήσεις.....	100
3.4.4 Υδραγωγεία	101
3.5 Ιδιαιτερότητες και προβλήματα μεταφοράς νερού στην Αττική	111
3.6 Επισκόπηση αναγκών ύδρευσης της Αθήνας – Ιστορικά στοιχεία	112
3.7 Περιοχές ευθύνης Εταιρείας Ύδρευσης και κατηγορίες χρήσεων νερού	122
3.8.1 Πληθυσμός και δημογραφικά χαρακτηριστικά	131

3.8.2 Οικονομικοί παράγοντες και τιμολογιακή πολιτική	136
3.8.3 Πολιτικές μείωσης κατανάλωσης και τεχνολογίας	139
3.8.4 Κλιματολογικές συνθήκες και εποχικότητα	141
3.9 Υδατικοί πόροι	142
3.9.1 Ποταμός Μόρνος.....	144
3.9.2 Ποταμός Εύηνος	146
3.9.3 Σύστημα Βοιωτικού Κηφισού – Υλίκης.....	148
3.9.4 Ποταμός Χάραδρος	155
3.9.5 Ποταμός Ασωπός.....	157
3.10 Οικονομικά δεδομένα.....	157
3.11 Κόστος άντλησης νερού	159
3.12 Μεθοδολογία διαχείρισης του συστήματος ύδρευσης	162
Κεφάλαιο 4 – Συμπεράσματα.....	167
Βιβλιογραφία	173
Παράρτημα Α Μηνιαίες καταναλώσεις από 1927 έως 2010 (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)	179
Παράρτημα Β Πληθυσμός Δήμων και Κοινοτήτων Περιφέρειας Πρωτευούσης (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)	181
Παράρτημα Γ Χρονική εξέλιξη των τιμολογημένων καταναλώσεων κάθε κατηγορίας (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.).....	183
Παράρτημα Δ Χρονική εξέλιξη των απολήψεων από τους ταμιευτήρες, της παροχής των διυλιστηρίων και της τιμολογημένης κατανάλωσης (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.).....	185
Παράρτημα Ε Μηνιαία κατανάλωση αντλήσεων αντλιοστασίων (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.).....	187

Περιεχόμενα πινάκων

Πίνακας 1: Συγκριτικός πίνακας φυσικών καταστροφών. Το 1 είναι η υψηλότερη και το 5 η χαμηλότερη βαθμολογία (Frampton, et al., 1996)	46
Πίνακας 2: Περιοχές που επλήγησαν σε μεγαλύτερο βαθμό στο βόρειο τμήμα της Αιθιοπίας	70
Πίνακας 3: Κλιματική μεταβλητότητα ανά τον κόσμο (πηγή: εφημερίδες ΣΚΡΙΠ & ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ).....	72
Πίνακας 4: Συγκεντρωτικά κάποια περιστατικά φαινομένων ξηρασίας στη χώρα μας και οι συνέπειες αυτών (πηγές: εφημερίδες ΣΚΡΙΠ & ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ)	74
Πίνακας 5: Ποσοστά βροχόπτωσης και απορροής ως προς τις μέσες ετήσιες τιμές (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)	79
Πίνακας 6: Επιφανειακοί υδάτινοι πόροι (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)	98
Πίνακας 7: Υπόγειοι υδάτινοι πόροι (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)	99
Πίνακας 8: Μέγιστες ετήσιες απολήψεις από ταμιευτήρες (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)	99
Πίνακας 9: Χαρακτηριστικά ταμιευτήρων (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)	99
Πίνακας 10: Χαρακτηριστικά φραγμάτων (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.).....	100
Πίνακας 11: Ομάδες γεωτρήσεων (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π., 1995).....	100
Πίνακας 12: Χαρακτηριστικά υδραγωγείων (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π., 1996)	101
Πίνακας 13: Χαρακτηριστικά αντλιοστασίων (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π., 1995)	107
Πίνακας 14: Παροχетеυτικότητες υδραγωγείων (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)	109
Πίνακας 15: Εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.).....	111
Πίνακας 16: Ιστορική κατανάλωση νερού της Αθήνας (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)	120
Πίνακας 17: Δήμοι και Δημοτικές Ενότητες εντός αρμοδιοτήτων Ε.ΥΔ.Α.Π.	123
Πίνακας 18: Πληθυσμιακά δεδομένα Νομού Αττικής (x1.000) (πηγή: Αρχείο ΕΥΔΑΠ).....	133

Πίνακας 19: Ποσοστό μεταβολής της τιμής του νερού για τις διάφορες κλίμακες κατανάλωσης (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)	137
Πίνακας 20: Χαρακτηριστικά μεγέθη λεκανών απορροής (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)	143
Πίνακας 21: Στατιστικά μεγέθη απορροής Μόρνου στην θέση του φράγματος (hm3) (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)	146
Πίνακας 22: Στατιστικά μεγέθη απορροής Ευήνου στη θέση του φράγματος (hm3) (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)	148
Πίνακας 23: Στατιστικά μεγέθη απορροής λεκανών Β. Κηφισού και Υλίκης (hm3) (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)	151
Πίνακας 24: Στατιστικά μεγέθη απορροής λεκανών Χάραδρου και Σταμάτας (hm3) (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)	157
Πίνακας 25: Χαρακτηριστικά αντλιοστασίων (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)	158
Πίνακας 26: Χαρακτηριστικά γεωτρήσεων και ωστικών αντλιοστασίων (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)	159
Πίνακας 27: Στατιστικά χαρακτηριστικά ειδικής κατανάλωσης αντλιοστασίων (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)	161

Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 1: Μια γραφική αναπαράσταση των υδάτινων περιοχών στη Γη (CIA – The world fact book).....	24
Εικόνα 2: Παγκόσμιος Χάρτης Έλλειψης Νερού για το έτος 2025 – Πηγή IWMI.....	25
Εικόνα 3: Παρούσα διαθεσιμότητα νερού και αναμενόμενες αλλαγές έως το 2030 (EEA, 2005).....	28
Εικόνα 4: Χρήση νερού (%) ανά τομέα στην Ευρώπη- Πηγή ΕΕΑ 1999	29
Εικόνα 5: Το Δίκτυο Υδροδότησης της Ε.ΥΔ.Α.Π. (εξωτερικό δίκτυο Ταμιευτήρων – Υδραγωγείων) – Πηγή Ε.ΥΔ.Α.Π.	32
Εικόνα 6: Στρώματα ατμόσφαιρας (πηγή: http://www.aviamet.gr/cms.jsp?moduleId=002&extLang=)	36
Εικόνα 7: Ο κύκλος του νερού (πηγή: http://users.sch.gr/kassetas/0%20000%20aCyrclWater.htm).....	37
Εικόνα 8: Το απλούστερο μοντέλο γενικής κυκλοφορίας με ένα κύτταρο (Hadley cell) (Μαμάσης, και συν., 2000)	39
Εικόνα 9: Γεωγραφική κατανομή της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης στην Ελλάδα σε mm (ΥΠΑΝ, και συν., 2003)	50
Εικόνα 10: Σχηματική απεικόνιση της οροσειράς ως φυσικό εμπόδιο για τον άνεμο (Μαμάσης, και συν., 2000)	51
Εικόνα 11: Επίδραση της τιμής του νερού στην κατανάλωση της πόλης της Αθήνας περιόδου 1975 - 2000 (Κουτσογιάννης, και συν., 2002).....	61
Εικόνα 12: Ο «υδρο-παράλογος» κύκλος της ξηρασίας (Τσακίρης, 1995)	64
Εικόνα 13: Οι μετακινήσεις της ενδοτροπικής ζώνης σύγκλισης (ITCZ) και η ξηρασία στη περιοχή Σαχέλ (Frampton, et al., 1996)	69
Εικόνα 14: Οι τιμές των προϊόντων στις αγορές 9 εθνοτήτων της Αιθιοπίας μετά την ξηρασία του 1984 (Clarke, et al., 1989)	71
Εικόνα 15: Απόκομμα από την εφημερίδα ΣΚΠΠ, φύλλο της 7/9/1898, σ.3.....	73

Εικόνα 16: Χρονική εξέλιξη αποθεμάτων ταμιευτήρων και κατανάλωσης Αθήνας (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)	78
Εικόνα 17: Χρονική εξέλιξη ανηγμένου αποθέματος (αριθμός μηνών που μπορεί να καλύψει η κατανάλωση) (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)	78
Εικόνα 18: Χρονική εξέλιξη των ετήσιων βροχοπτώσεων στον Αλίαρτο και στο Λιδορίκι, αλλά και των απορροών στον Βοιωτικό Κηφισό και στον Μόρνο, κατά την επταετία 1987 έως και το 1994. Οι συνεχείς κόκκινες ευθείες παρουσιάζουν τις μέσες ετήσιες τιμές (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)	79
Εικόνα 19: Συγκριτική εικόνα των μηνιαίων βροχοπτώσεων της επταετίας 1987 έως 1994 σε σχέση με τις ιστορικές μέσες τιμές της περιόδου για α) τον Αλίαρτο και β) το Λιδορίκι (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)	81
Εικόνα 20: Μετεωρολογικός χάρτης του συστήματος 22 Οκτωβρίου 1994 (πηγή: Meteociel.fr)	82
Εικόνα 21: Διαγραμματική εξέλιξη κατανάλωσης και έργων υδροδότησης της Αθήνας (Μαμάσης, και συν., 2000)	87
Εικόνα 22: Σχηματοποίηση του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας (Μαμάσης, και συν., 2007)	88
Εικόνα 23: Σύγκριση συνόλου επιφανείας Λεκανών Απορροής Ταμιευτήρων και έκτασης Αττικής (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)	89
Εικόνα 25: Υδροδοτικό σύστημα Αττικής (πηγή: GIS, Ε.ΥΔ.Α.Π.)	98
Εικόνα 26: Υδραγωγείο Μόρνου ανάντη ενωτικού υδραγωγείου Διστόμου (πηγή: GIS, Ε.ΥΔ.Α.Π.)	103
Εικόνα 27: Υδραγωγείο Μόρνου κατόντη ενωτικού υδραγωγείου Διστόμου (πηγή: GIS, Ε.ΥΔ.Α.Π.)	104
Εικόνα 28: Υδραγωγείο Υλίκης (πηγή: GIS, Ε.ΥΔ.Α.Π.)	105
Εικόνα 29: Παροχетеυτικότητα υδραγωγείων (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π., GIS)	110

Εικόνα 30: Εξέλιξη της ετήσιας κατανάλωσης νερού με την αντιστοίχιση του συνόλου του πληθυσμού της περιφέρειας πρωτεύουσας και των υδραυλικών έργων (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)	121
Εικόνα 31: Περιοχές ευθύνης Ε.ΥΔ.Α.Π. (πηγή: Αρχείο ΕΥΔΑΠ).....	122
Εικόνα 32: Χρονική εξέλιξη κοινής παροχής σε σχέση με την συνολική παροχή (πηγή: Αρχείο ΕΥΔΑΠ)	127
Εικόνα 33: Λοιπές κατηγορίες παροχών (πηγή: Αρχείο ΕΥΔΑΠ)	127
Εικόνα 34: Ηλικιακές Πυραμίδες για την Αττική με εμφανή την σταδιακή γήρανση του πληθυσμού (πηγή: ΕΛΣΑΤ)	132
Εικόνα 35: Η εξέλιξη του Νεαρού Πληθυσμού στην Αττική (πηγή: ΕΛΣΑΤ).....	132
Εικόνα 36: Ειδική κατανάλωση περιοχών ευθύνης και αρμοδιότητας Ε.ΥΔ.Α.Π. (πηγή: Αρχείο ΕΥΔΑΠ)	134
Εικόνα 37: Θεωρητικές καμπύλες εξέλιξης πληθυσμού (πηγή: Πατρώνης κ.α.2012)	135
Εικόνα 38: Πληθυσμός Κορεσμού για την Αττική - Διαχρονική προσέγγιση (πηγή: Πατρώνης κ.α.2012).....	136
Εικόνα 39: Επίδραση τιμής νερού στις διάφορες κλίμακες καταναλώσεων (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)	139
Εικόνα 40: Χρονική εξέλιξη απωλειών (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)	141
Εικόνα 41: Χρονοσειρές ετήσιας απορροής λεκανών Μόρνου, Ευήνου και Β. Κηφισού (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.).....	144
Εικόνα 42: Διακύμανση της ετήσιας απορροής του Βοιωτικού Κηφισού στην έξοδο της λεκάνης και μέσοι όροι 10 ετών (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)	151
Εικόνα 43: Απεικόνιση των ιστορικών διαφυγών της λίμνης Υλίκης συναρτήσει της μέσης μηνιαίας στάθμης και της αντίστοιχης καμπύλης γραμμικής παλινδρόμησης (εξ.3), για τους μήνες χαμηλής υδροφορίας (Μάιος-Νοέμβριος) (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)	153

Εικόνα 44: Διαφυγές μηνών Δεκεμβρίου – Απριλίου (hm ³) (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)	154
Εικόνα 45: Σχέση μεταξύ ειδικής κατανάλωσης, μηνιαίας άντλησης και στάθμης Υλίκης (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)	161
Εικόνα 46: Διάγραμμα ροής του μεθοδολογικού σχήματος παραμετροποίηση- προσομοίωση-βελτιστοποίηση	166

Ευχαριστίες

Στη ζωή κάθε επιστήμονα υπάρχουν κομβικές στιγμές που προσδιορίζουν την εξελικτική πορεία προς την γνώση και την επιστημονική του αυτοπραγμάτωση. Το δικό μου ορόσημο αποτέλεσε η επαφή μου με το αντικείμενο της Εφαρμοσμένης Γεωγραφίας και Διαχείρισης του Χώρου, μετά από την γνωριμία μου στις αίθουσες του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου, με έναν από τους σημαντικότερους ανθρώπους, τόσο στο εθνικό αλλά και στο διεθνές στερέωμα, του Καθηγητού και Ευθύμιου Καρύμπαλη, του οποίου το ήθος σε συνδυασμό με την αβίαστη επιστημονική του σκέψη στάθηκαν ικανοί παράγοντες για να με μυήσουν στην Διαχείριση των Φυσικών και Ανθρωπογενών Καταστροφών και να θέσουν τον κ. Καθηγητή πνευματικό δια βίου καθοδηγητή μου.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα και τον πολύ καλό μου φίλο, τώρα πια, κ. Νίκο Μαμάση, καθηγητή του τμήματος Υδάτινων Πόρων και Περιβάλλοντος της σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π., ο οποίος ακούραστα και με περίσσιο ενθουσιασμό με βοήθησε όχι μόνο να αντιληφθώ όλα τα σύγχρονα συστημικά μοντέλα και εργαλεία διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας, αλλά ήταν πάντα πρόθυμος να βοηθήσει όποτε το είχα ανάγκη.

Τέλος, νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω και όλους τους συναδέλφους μου μηχανικούς της Εταιρείας Ύδρευσης και Αποχέτευσης Πρωτεύουσας και ιδιαίτερα στην κα Νεστοδίδου, όχι μόνο για την προθυμία τους στην αδιάλειπτη παροχή όλων των υδρολογικών στοιχείων και πληροφοριών που χρειαζόμουν, αλλά και για το κουράγιο που μου έδιναν.

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσης εργασίας είναι η υδρολογική ξηρασία που είχε ως αποτέλεσμα τη λειψυδρία της Αθήνας κατά την περίοδο 1988 έως 1993, αλλά και με το σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας που επιβλήθηκε ως αναγκαίο μέτρο για την αποτροπή μιας ακόμα λειψυδρίας στο μέλλον.

Το ζήτημα του νερού επίκαιρο όσο ποτέ: Η κρίση του νερού θεωρείται μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις του σήμερα και οι ανακατατάξεις που θα προκαλέσει σε παγκόσμιο επίπεδο εκτιμάται ότι θα είναι πολύ μεγαλύτερες από εκείνες της ενεργειακής κρίσης των δεκαετιών του '70 και του '80. Ο υπερπληθυσμός, η μαζική μετακίνηση του πληθυσμού, η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στο υδρολογικό φαινόμενο της ξηρασίας αποτελούν θέματα που συνδέονται άμεσα με αυξημένες ανάγκες σε νερό στις πόλεις και παράλληλη υποβάθμιση του φυσικού πόρου.

Η ξηρασία είναι ένα ακραίο υδρολογικό φαινόμενο που παρουσιάζει ιδιαίτερη πολυπλοκότητα ως προς την κατανόηση, μελέτη, πρόληψη και αντιμετώπιση, κυρίως λόγω της παράλληλης δράσης μιας πληθώρας παραμέτρων που συμμετέχουν στην εκδήλωση της (Αποστόλου, 2010). Η εμφάνιση της ξηρασίας δεν επηρεάζεται μόνο από τα χαρακτηριστικά των περιοχών που προσβάλλει, για αυτό τον λόγο και δεν περιορίζεται σε συγκεκριμένες περιοχές, αλλά είναι δυνατόν να εμφανιστεί σε οποιαδήποτε περιοχή ανά τον κόσμο. Έτσι, επειδή αφενός είναι ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο ως προς την επίλυση φαινόμενο και αφετέρου ο βαθμός επιρρέειας της Ελλάδας στην εκδήλωση συχνών φαινομένων ξηρασίας είναι λόγω της γεωγραφικής της θέσης μεγάλος, θεωρήθηκε σκόπιμο να εκπονηθεί το παρόν πόνημα το οποίο στοχεύει, πρώτον, στην ανάδειξη της ξηρασίας ως μια από τις σημαντικότερες φυσικές καταστροφές και δεύτερον, την επιτακτική ανάγκη για εξασφάλιση των υδατικών πόρων όχι μόνο για τη σημερινή χρήση αλλά και για τις μελλοντικές γενιές μέσω της εφαρμογής σωστής στρατηγικής διαχείρισης. Η στρατηγική αυτή πρέπει να είναι προνοητική, δηλαδή μέσω της πρόβλεψης να εφαρμόζεται μια πολιτική διαχείρισης των υδατικών πόρων, που να έχει μεγάλη χρονική εμβέλεια και συγχρόνως δυναμική μορφή.

Αναλυτικότερα, η εργασία διακρίνεται σε τέσσερα μέρη όσα είναι και τα κεφάλαια τα οποία περιλαμβάνει,

- ✓ Στο κεφάλαιο 1 ορίζεται το νερό ως το πολυτιμότερο συστατικό στη Γη, παρουσιάζεται το ζήτημα του νερού παγκοσμίως, αλλά και στην Ελλάδα και ειδικότερα στο λεκανοπέδιο της Αττικής.
- ✓ Στο κεφάλαιο 2 δίνονται οι ορισμοί και γίνεται ανάλυση των βασικών εννοιών του κλίματος και της ατμόσφαιρας, της ξηρασίας κ.λπ., ενώ παράλληλα περιγράφονται αναλυτικά οι παράμετροι του κλίματος και της ξηρασίας.
- ✓ Στο κεφάλαιο 3 γίνεται μια περισσότερο στοχευμένη αναφορά στις κατηγορίες και τα χαρακτηριστικά της ξηρασίας, τη σχέση της με τις άλλες φυσικές καταστροφές, τη μεταβλητότητά της ως προς τη βροχόπτωση, τις παραμέτρους εκτίμησης του μεγέθους της ξηρασίας, τις αιτίες, τις επιπτώσεις και τη διαχείρισή της. Επίσης, περιγράφονται συγκεκριμένα περιστατικά φαινομένων ξηρασίας ανά τον κόσμο που λόγω των μεγάλων κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων αποτέλεσαν αντικείμενο μελέτης. Τέλος, παρουσιάζεται η περίπτωση της λειψυδρίας της Αθήνας της περιόδου 1988 – 1993 που ήταν και η απαρχή της ουσιαστικής συνειδητοποίησης της ξηρασίας ως υπαρκτό πρόβλημα από τους επίσημους φορείς και εν συνεχεία την προσπάθεια για κατάργηση ενός ικανού Σχεδίου Διαχείρισης του Υδροδοτικού Συστήματος.
- ✓ Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται το πρώτο Σχέδιο Διαχείρισης του Υδροδοτικού Συστήματος της Αθήνας που καταρτίστηκε μετά τη λειψυδρία της περιόδου 1998 – 1993, με συνεργασία της Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Πρωτεύουσας (Ε.ΥΔ.Α.Π.) και τον Τομέα Υδάτινων Πόρων του Ε.Μ.Π.
- ✓ Τέλος, στο κεφάλαιο 5 συνοψίζονται τα συμπεράσματα της όλης μελέτης.

Abstract

This diploma thesis aims to evaluate the hydrological drought resulted in the water scarcity of Athens during the period of 1988-1993, and also the first management plan of the water supply system of Athens imposed as a necessary measure to prevent a possible future water scarcity.

The water issue is topical as ever: The Water Crisis is considered as one of the greatest challenges nowadays and the changes that will cause worldwide are estimated to be much higher than the energy crisis of the late 70's and 80's. The Overpopulation, the massive population transfer and the impact of climate changes on the hydrological phenomenon of water drought are issues directly related to an increased water demand in cities and a parallel degradation of the natural resource.

Water drought is an extreme hydrological phenomenon, particularly complex as far as its understanding, study, prevention and treatment are concerned, mainly due to the simultaneous action of a multitude of parameters involved in it. The occurrence of water drought is not influenced only by the characteristics of the affected areas that affecting. That's why it can manifest not only in specific areas but also in any region worldwide. Water drought differs both from water scarcity and the aridity. In fact, drought refers to a transient climate change characterized by a significant reduction of precipitation in an area, water stress refers to a permanent state of imbalance between supply and demand of water resources in a region, while aridity refers to a feature of the climate, which in a steady state is suffering reduced rainfall to maintain the vegetation. Water drought is a rather complicated phenomenon to solve, and although it occurs in arid - deserted areas, it can also occur equally in areas characterized by significant rainfall amounts. Most of the times it causes major problems in connection with those appearing in arid areas. The above seemingly absurd event can be explained by the fact that in drylands, ecosystems have adapted in order to survive in low humidity conditions, while in the case of areas with humid climate, ecosystems have not developed the necessary survival tools for extreme conditions and therefore, they are threatened much more with extinction.

On the one hand, the complexity of water drought makes it difficult to determine the beginning, the duration and the end of a drought episode as well as the exact causes and consequences. On the other hand, Greece is susceptible to frequent water droughts due to its geographical position. Thus, it was considered appropriate to prepare this diploma thesis which aims, firstly, to the emergence of the water drought as a major natural disaster and secondly, to highlight the urgent need to secure water resources not only for the time being but also for future generations through the implementation of proper management strategy. This strategy must be proactive, namely, by making provision, to apply a policy of management of water resources which has a long time range and a dynamic form, too.

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή

Think globally, act locally

Πολλοί διεκδικούν την έκφραση «Think globally, act locally» αλλά η σύλληψη της ιδέας σε πρακτικό επίπεδο αποδίδεται στο σκωτσέζο, βιολόγο, κοινωνιολόγο, γεωγράφο και πρωτοπόρο πολεοδόμο, Patrick Geddes (1854-1932). Στο βιβλίο του «Cities in Evolution» (1915) πρότεινε την άποψη ότι η ανάπτυξη των πόλεων πρέπει να γίνεται σε συμφωνία με τη φύση και τους φυσικούς πόρους και όχι ενάντια στη φύση. Σήμερα η έκφραση αυτή είναι ένα από τα πιο δημοφιλή ρητά [motto] στις περισσότερες εργασίες για το νερό, την ενέργεια, την κλιματική αλλαγή και τη λειψυδρία. Στην σύσκεψη του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών [UN] στο Rio de Janeiro (1992) για το περιβάλλον και την ανάπτυξη το «Think global, act local» υιοθετήθηκε ως κεντρικό σλόγκαν για τις μελλοντικές δράσεις στα ορυκτά καύσιμα, την κλιματική αλλαγή και την επερχόμενη έλλειψη νερού (λειψυδρία).

1.1 Το ζήτημα του Νερού στον κόσμο και την Ευρώπη

1.1.1 Ύδωρ – Ένα πολύτιμο συστατικό στην ΓΗ

Σύμφωνα με τον Ηρόδοτο οι Πέρσες ζητούσαν «γῆν καὶ ὕδωρ» απ' τις πόλεις και τους λαούς που τους παραδίδονταν. Η απαίτηση αυτή συμβόλιζε ότι αυτοί που παραδίδονταν παραιτούνταν από κάθε δικαίωμα πάνω στη γη τους και στα αγαθά της.

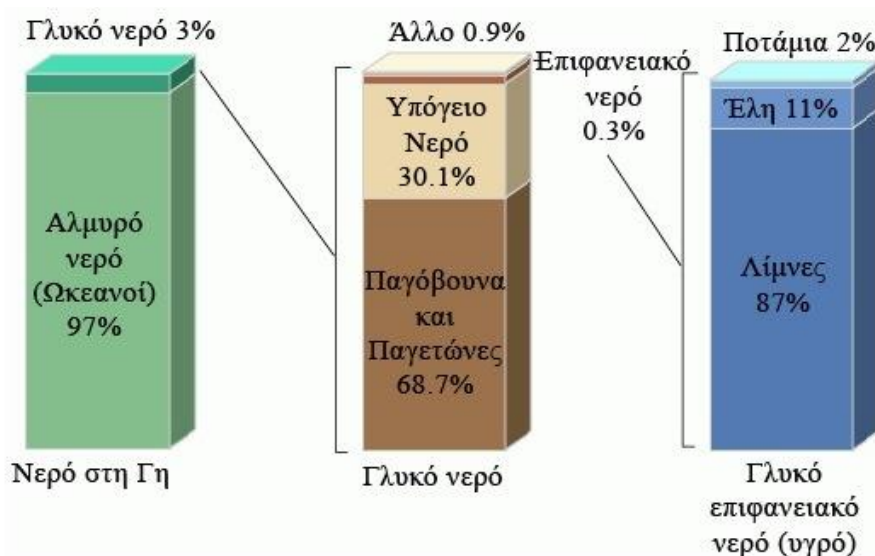
Τις τελευταίες δεκαετίες, οι περισσότερες εργασίες αναφορικά με το νερό ξεκινούν συνήθως με μια εισαγωγική αναφορά, όπου τονίζεται η «περιβαλλοντική» αξία του νερού και η συμβολή του στην ανάπτυξη και την «αειφορία». Παρότι η προσοχή στην «αξία» του φυσικού πόρου φαίνεται να έχει ενταθεί λόγω του υπερπληθυσμού και της ξηρασίας, αξίζει να σημειώσουμε ότι η ζήτηση νερού ήταν πάντα και παραμένει μέχρι σήμερα ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα στην ιστορία των πόλεων, των κρατών και του πολιτισμού.

Το ύδωρ, κοινώς νερό, είναι η περισσότερο διαδεδομένη χημική ένωση στην επιφάνεια της Γης καλύπτοντας το 70,9% του πλανήτη. Η ύπαρξη υγρού νερού στη

Γη είναι ζωτική για τη ζωή, τουλάχιστον με τις μορφές που τη γνωρίζουμε. Το ανθρώπινο σώμα αποτελείται κατά τα 2/3 του από νερό (<https://el.wikipedia.org/wiki>).

Πόσο όμως νερό είναι κατάλληλο για χρήση? Το 97% του νερού στον πλανήτη είναι αλμυρό [Saline Water] . Από το σύνολο του γλυκού νερού [Fresh Water] μόνο το 1% περίπου ή 0,3% του συνόλου, είναι άμεσα διαθέσιμο σε ποτάμια και λίμνες ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις ανθρώπινες ανάγκες (εικόνα 1).

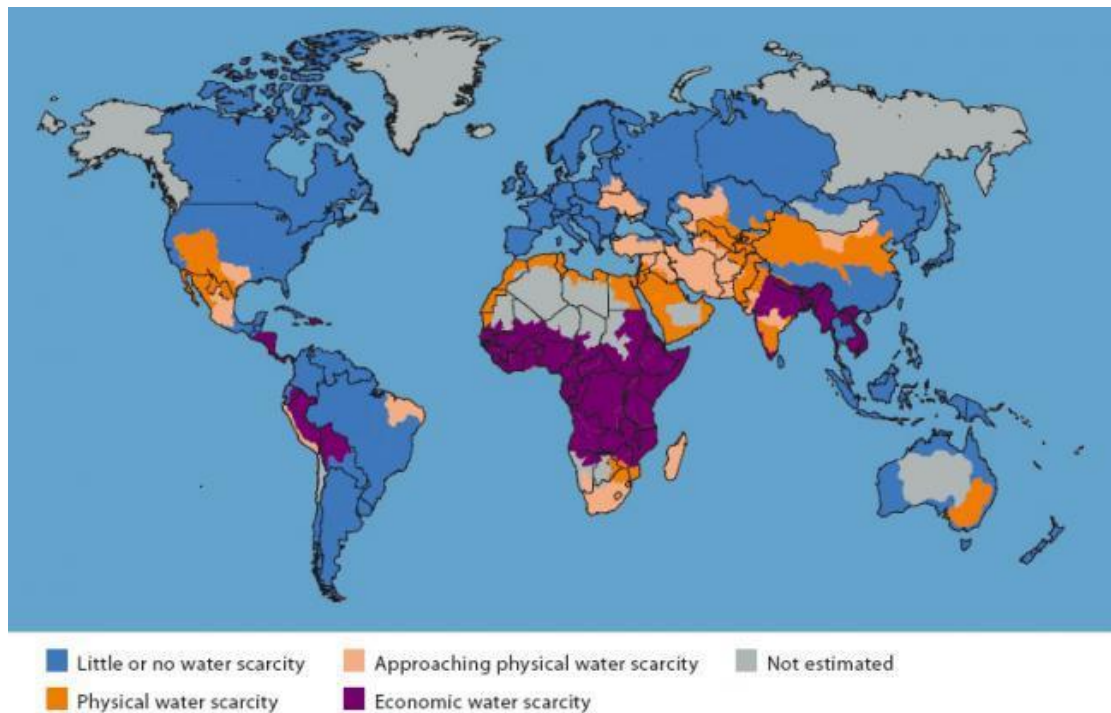
Το γλυκό νερό είναι ένας ανανεώσιμος πόρος, αλλά παρόλα αυτά η παγκόσμια προμήθεια καθαρού γλυκού νερού μειώνεται σταθερά. Εξαιτίας της ραγδαίας αύξησης του πληθυσμού της γης, της μαζικής κατανάλωσης, της κατάχρησης και της μόλυνσης του νερού, η διαθεσιμότητα του νερού και ιδιαίτερα του πόσιμου, δεν επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες, ενώ η ποιότητα διαρκώς χειροτερεύει. Από τα στοιχεία των World Health Organization (WHO) και UNICEF, το 2006 υπήρχαν πάνω από 1 δισεκατομμύρια άνθρωποι χωρίς πρόσβαση σε καθαρό νερό και 2,5 δισεκατομμύρια χωρίς πρόσβαση σε επαρκείς συνθήκες υγιεινής με αποτέλεσμα σχεδόν 1,5 εκατομμύρια θανάτους το έτος από δυσεντερία (UNICEF, 2006).



Εικόνα 1: Μια γραφική αναπαράσταση των υδάτινων περιοχών στη Γη (CIA – The world fact book)

Σύμφωνα με τις προβλέψεις του International Water Management Institute (IWMI), το έτος 2025, 48 χώρες θα υποφέρουν από έλλειψη νερού [Physical Water Scarcity] που θα αντιστοιχεί στο 35% του παγκόσμιου πληθυσμού για ίδιο έτος.

Ακόμη και χώρες με σχετική φυσική επάρκεια νερού, θα χρειαστούν σημαντικές επενδύσεις για να την εξασφάλισή του αντιμετωπίζοντας έλλειψη οικονομικών πόρων [Economic Water Scarcity] (εικόνα 2). Το γεγονός αυτό θα επιφέρει επιπτώσεις σε ένα ευρύ φάσμα της καθημερινής μας ζωής, από την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, την αγροτική παραγωγή μέχρι και την καθημερινή χρήση του νερού στα νοικοκυριά.



Εικόνα 2: Παγκόσμιος Χάρτης Έλλειψης Νερού για το έτος 2025 – Πηγή IWMI

1.1.2 Η Παγκόσμια Κρίση Νερού

Το 1973 οι Δυτικές οικονομίες αντιμετώπισαν μια κρίση που έμελλε να αλλάξει πολλά σε οικονομικούς και γεωπολιτικούς όρους. Μετά από μια σημαντική και συνεχή αύξηση στη ζήτηση ενέργειας, ξέσπασε η εμπομαζόμενη «πετρελαϊκή κρίση» που οδήγησε σε διεθνείς ανακατατάξεις και αλλαγή γεωπολιτικών αναλογιών ανάμεσα στις βιομηχανικές χώρες της Δύσης και στις πετρέλαιο-παραγωγικές του ΟΠΕΚ. Ταυτόχρονα όμως απέτέλεσε το έναυσμα για να διατυπωθεί το ενεργειακό πρόβλημα, που συνοψίζεται κατά τον κ. Μαρίνο-Κουρή (Μαρίνος - Κούρτης, 1999) στα εξής ερωτήματα για τους ενεργειακούς πόρους και τη χρήση τους:

- ✓ Αντιμετωπίζουμε εξάντληση των πόρων;

- ✓ Είναι βέβαιη η επάρκεια και η σταθερότητα της τροφοδοσίας;
- ✓ Δυσχεραίνεται η οικονομική ανάπτυξη από την άνοδο των τιμών;

Η απάντηση στα ερωτήματα αυτά για την ενέργεια ήρθε με το σχεδιασμό μιας στρατηγικής για την εξοικονόμηση ενέργειας που στηρίζεται στην αποδοτικότερη χρήση, στην αναζήτηση εναλλακτικών πόρων και στην κάλυψη των αναγκών τοπικά. Η νέα αυτή εναλλακτική στάση, με μικρότερες εξαρτήσεις από την παλιά που οδήγησε σε σκληρές συγκρούσεις, ονομάστηκε από τον περιβαλλοντολόγο Amory Lovins το «Ήπιο Μονοπάτι της Ενέργειας» προς την ανάπτυξη [Soft Path of Energy].

Το ερώτημα που τίθεται είναι απλό, συμβαίνει κάτι αντίστοιχο και για το νερό; Το 1993, τα Ηνωμένα Έθνη υιοθέτησαν τον όρο «Η Παγκόσμια Κρίση του Νερού» [Water in Crisis] του τρεις φορές βραβευμένου με Pulitzer Dr. Peter H. Gleick. Σε αντίθεση με την ενέργεια, ένα ευρέως εμπορεύσιμο και μεταφερόμενο προϊόν, το νερό παρουσιάζει σήμερα ακόμη σοβαρότερη ανισοκατανομή ανάμεσα στην προσφορά και τη ζήτηση (Glantz, 1994). Μέχρι τον 20^ο αιώνα, η ζήτηση σε νερό καλύπτονταν με το «σκληρό» περιβαλλοντικό τρόπο, κατασκευάζοντας μεγαλύτερα τεχνικά έργα. Τα τελευταία έτη η συνέχιση της τακτικής αυτής, όπως δηλώνει και ο όρος Water Scarcity, δεν μπορεί να αντιμετωπίσει τις νέες προκλήσεις. Ερωτήματα αντίστοιχα με αυτά για το ενεργειακό πρόβλημα διατυπώνονται πλέον για την κρίση του νερού:

- ✓ Πως μπορούμε να προσαρμόσουμε τη ζήτηση ώστε να παραμείνει το πόσιμο νερό ένας φυσικά ανανεώσιμος επαρκής πόρος;
- ✓ Πώς πρέπει να αξιοποιήσουμε τις υπάρχουσες υποδομές ώστε να παρέχουν επαρκή και σταθερή τροφοδοσία;
- ✓ Υπάρχουν δυνατότητες μείωσης της ζήτησης του νερού χωρίς να επηρεάζεται το βιοτικό επίπεδο και ποιοι παράγοντες επηρεάζουν τη ζήτηση του νερού;

Κατά αναλογία λοιπόν με την ενεργειακή κρίση, ένα «Ήπιο Μονοπάτι του Νερού» [Soft Path of Water] προτάθηκε από τον P.H.Gleick.

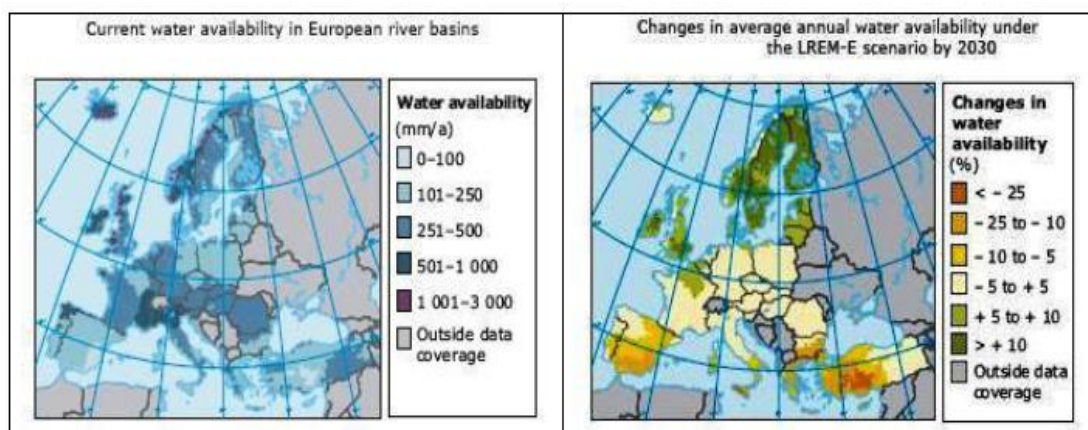
«The soft path seeks to improve the overall productivity of water use and deliver water services matched to the needs of end users, rather than seeking sources of new supply» (Gleick, 2002).

«Το Ήπιο Μονοπάτι επιδιώκει να βελτιώσει τη συνολική παραγωγικότητα της χρήσης του νερού και να παρέχει υπηρεσίες ύδατος που να ταιριάζουν με τις ανάγκες των τελικών χρηστών, αντί να επιδιώκει την εύρεση νέων πηγών» (Μετάφραση, Ι. Δράκος).

1.1.3 Το ζήτημα του νερού στην Ευρώπη

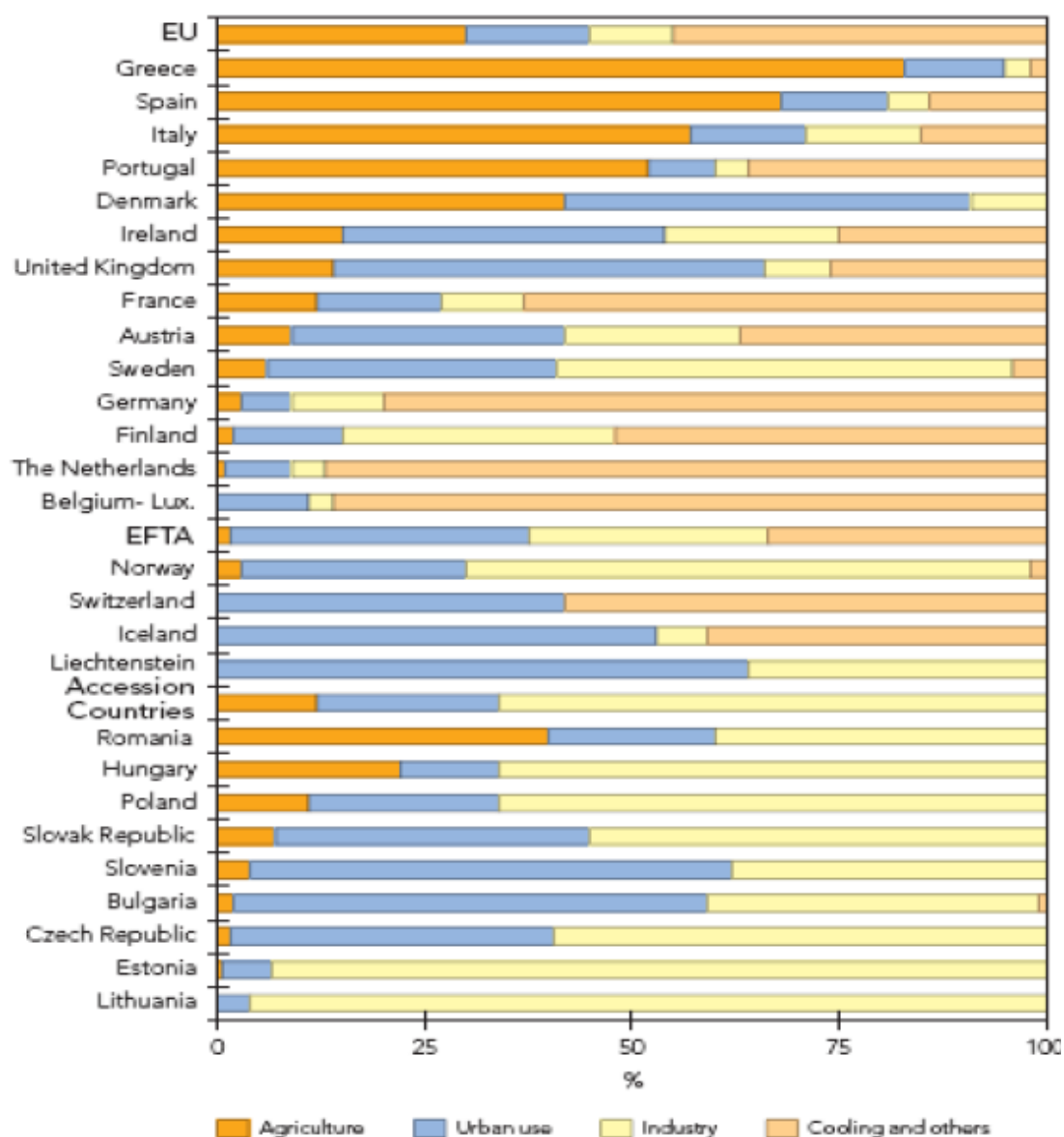
Η Ευρώπη δεν φαίνεται να αντιμετωπίζει άμεσο πρόβλημα λειψυδρίας δηλαδή κατάσταση μακροχρόνιας έλλειψης νερού, παρότι το νερό δεν χρησιμοποιείται πάντα με αειφόρο τρόπο κατά το «Ήπιο Μονοπάτι». Όπως αναφέρει το 2008 η έκθεση του ευρωπαϊκού προγράμματος LUCINDA (Land Care In Desertification Affected Areas), στην υδατικά πλουσιότερη Βόρεια Ευρώπη επικρατούν κυρίως προβλήματα σε σχέση με την ποιότητα του νερού. Στην Νότια περιοχή, με τον αυξανόμενο τουρισμό το εύθραυστο οικολογικά Μεσογειακό τοπίο και το μεγαλύτερο πληθυσμό να συγκεντρώνεται στις παράκτιες περιοχές, το πρόβλημα συνίσταται στην έντονη εποχιακή ζήτηση και την επισφάλεια μακροχρόνιας απόδοσης του πόρου λόγω της καταστροφής των οικοσυστημάτων.

Τα μοντέλα πρόβλεψης για την κλιματική αλλαγή, επιβεβαιώνουν ένα ήδη παρατηρήσιμο φαινόμενο. Ενώ στην Βόρεια Ευρώπη η βροχοπτώση αυξάνεται, ιδιαίτερα τους χειμερινούς μήνες, στην Νότια και Κεντρική Ευρώπη οι βροχοπτώσεις μειώνονται τους θερμότερους μήνες. Η ξηρασία, η παροδική δηλαδή έλλειψη νερού, στην Ιβηρική Χερσόνησο την περίοδο άνοιξη/καλοκαίρι 2005 και στην Ελλάδα το 2006-2007 υπογραμμίζει τη δριμύτητα των παραπάνω συνθηκών. Γενικότερα, η βόρεια Ευρώπη φαίνεται επιρρεπής σε πλημμύρες, ενώ η νότια Ευρώπη είναι επιρρεπής στην ξηρασία, καθώς φαίνεται να αυξάνεται η πιθανότητα αύξησης της θερμότητας.



Εικόνα 3: Παρούσα διαθεσιμότητα νερού και αναμενόμενες αλλαγές έως το 2030 (EEA, 2005)

Στη νότια Ευρώπη ένας συνδυασμός μειωμένων βροχοπτώσεων και αυξανόμενης εξάτμισης, λόγω ανόδου θερμοκρασίας, μπορεί να προκαλέσει μια μείωση 10% ή και περισσότερο στην απορροή σε πολλές λεκάνες απορροής ποταμών στην Ελλάδα, τη νότια Ιταλία και την Ισπανία και σε κάποια μέρη της Τουρκίας. Αυτός ο μειωμένος εφοδιασμός θα γίνει εντονότερος, εάν αυξηθεί η ζήτηση νερού, ιδιαίτερα από τους αγρότες, που στον Ευρωπαϊκό Νότο χρειάζονται περισσότερο νερό για να αρδεύσουν τις καλλιέργειες τους και βέβαια δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι οι απαιτήσεις για άρδευση καλλιεργειών στην Ελλάδα είναι οι υψηλότερες στην Ευρώπη.



Εικόνα 4: Χρήση νερού (%) ανά τομέα στην Ευρώπη- Πηγή ΕΕΑ 1999

Στην έκθεση της European Environment Agency [EEA] διατυπώνεται επίσης, ότι αρκετές ευρωπαϊκές χώρες υφίστανται σοβαρές ελλείψεις νερού, καθώς η άνιση κατανομή της προσφοράς και της ζήτησης στις διάφορες χρονικές περιόδους έχει προκαλέσει τη δημιουργία υδρολογικά ευαίσθητων περιοχών, όπου η τοπική κατανάλωση νερού τετραπλασιάζεται το καλοκαίρι, με αντίκτυπο στη λειτουργία και τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα των οικοσυστημάτων. Οι ελλείψεις είναι πιο έντονες γύρω από μερικές μεγαλουπόλεις, στα μικρά νησιά καθώς και σε μερικές μεσογειακές παράκτιες τουριστικές περιοχές όπως είναι τα νησιά του ελληνικού αρχιπελάγους (EEA, 1990).

1.1.4 Ευρωπαϊκές Οδηγίες για το νερό και κατευθύνσεις

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, κατανοώντας τη σημασία της προστασίας και διατήρησης του υδάτινου περιβάλλοντος στην Κοινότητα προχώρησε στη διαμόρφωση μιας Οδηγίας Πλαισίου που θα θεσπίζει τις βασικές αρχές μιας βιώσιμης πολιτικής των υδάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η δεσπόζουσα Οδηγία-Πλαίσιο για το Νερό 2000/60/ΕΕ [Water Framework Directive-WFD] στοχεύει στην αντιμετώπιση των σοβαρών προβλημάτων υποβάθμισης της ποιότητας του νερού εξαιτίας της αύξησης της ζήτησης νερού καλής ποιότητας. Ο βασικός στόχος της Οδηγίας είναι η επίτευξη μέχρι το 2015 μιας «καλής» κατάστασης για όλα τα επιφανειακά (ποτάμια, λίμνες, μεταβατικά και παράκτια) και τα υπόγεια νερά και γενικότερα η βιωσιμότητα των υδάτινων πόρων και η εξασφάλιση επαρκών ποσοτήτων νερού για τις διάφορες παραγωγικές χρήσεις αλλά και για τα οικοσυστήματα. Η Οδηγία προϋποθέτει την «ολοκληρωμένη διαχείριση» κάθε λεκάνης απορροής, όπου αντιμετωπίζονται συνολικά όλες οι χρήσεις και υπηρεσίες νερού, συνυπολογίζοντας την αξία του νερού για το περιβάλλον, την υγεία, την ανθρώπινη κατανάλωση και την κατανάλωση σε παραγωγικούς τομείς. Στο πλαίσιο αυτό περιλαμβάνεται μεταξύ άλλων η πραγματοποίηση, κοινωνικά αποδεκτών, διαχειριστικών σχεδίων (για τις λεκάνες) που λαμβάνουν υπόψη τα δεδομένα των αναλύσεων και τις μελέτες της περιοχής. Από το 2012 έχει ήδη ξεκινήσει η απαίτηση για εφαρμογή σχεδίων διαχείρισης. Οι περισσότεροι φορείς που ασχολούνται με το νερό έχουν επιδοθεί σε έναν αγώνα δρόμου για την συμμόρφωση με την οδηγία. Η κατάστρωση Γενικών Σχεδίων Ύδρευσης «Master Plan» από τις εταιρείες υδροδότησης προϋποθέτει την διαθεσιμότητα αξιόπιστων εργαλείων πρόβλεψης της ζήτησης, αλλά και κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν την ζήτηση ώστε να είναι εφικτός ο έλεγχος και περιορισμός της.

1.2 Το ζήτημα του Νερού στον Νομό Αττικής

Ο Νομός Αττικής είναι μια από τις πλέον χαρακτηριστικές περιοχές του Ευρωπαϊκού Μεσογειακού Νότου, καθώς,

- ✓ Κάτι λιγότερο από το 1/3 του πληθυσμού της χώρας βρίσκεται εγκατεστημένο στην Αττική.

- ✓ Το παράκτιο μέτωπο του Σαρωνικού είναι ήδη πυκνοδομημένο και το αντίστοιχο συμβαίνει τις τελευταίες 10ετίες στον Ευβοϊκό. Σε μια γενικότερη διατύπωση μάλιστα, όλος ο νομός είναι παράκτιος για τα ευρωπαϊκά δεδομένα.
- ✓ Υδρολογικά, η ύδρευση της Αττικής ανταγωνίζεται ανάγκες άλλων, κυρίως αγροτικών, περιοχών της ενδοχώρας. Ακόμη και εντός των ορίων του Νομού υπάρχουν εύφορες γεωργικές περιοχές όπως αυτή του Μαραθώνα.
- ✓ Η αστικοποίηση έχει ήδη αλλάξει το κλίμα στην Αττική, με αύξηση της θερμοκρασίας και μείωση των επιφανειακών ανέμων και αυτό είναι τεκμηριωμένη διαπίστωση (Καρτάλης, 1999).
- ✓ Η Αττική είναι σταθερά ένας διεθνής τουριστικός προορισμός που μετά την «Ολυμπιάδα 2004» και όσα επακολούθησαν με την «Αραβική Άνοιξη¹» στους ανταγωνιστικούς μεσογειακούς προορισμούς, σημειώνει ιστορικά ρεκόρ αφίξεων τουριστών. Η τουριστική χρήση νερού είναι επίσης έντονη, στην δεύτερη κατοικία, για τους κατοίκους του Νομού.
- ✓ Για το σύνολο της κατανάλωσης, η αιχμή από τα υψηλά του Ιουλίου στα χαμηλά του Δεκεμβρίου/Ιανουαρίου είναι +34% ως μέσος όρος μήνα και +68% για ημερήσιες τιμές.

Την ύδρευση του εν λόγω νομού αναλαμβάνει η Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Ε.ΥΔ.Α.Π. Α.Ε. Η ιστορία της Εταιρείας αυτής είναι ένας αγώνας ταχύτητας πάνω στο «σκληρό» μονοπάτι για το νερό. Από το 1927 μέχρι το 2001, με εξαίρεση την περίοδο της Κατοχής και του Εμφυλίου, η εταιρεία βρίσκεται σε ένα αγώνα δρόμου για να καλύψει όλο και μεγαλύτερη ζήτηση νερού. Όλο και περισσότεροι οικονομικοί πόροι απαιτούνται για νέα έργα. Η «Ολυμπιάδα 2004» στην Αθήνα ήταν μια ημερομηνία ορόσημο για να ελέγχει για μία ακόμη φορά αν τα υπάρχοντα έργα επαρκούσαν ή όχι.

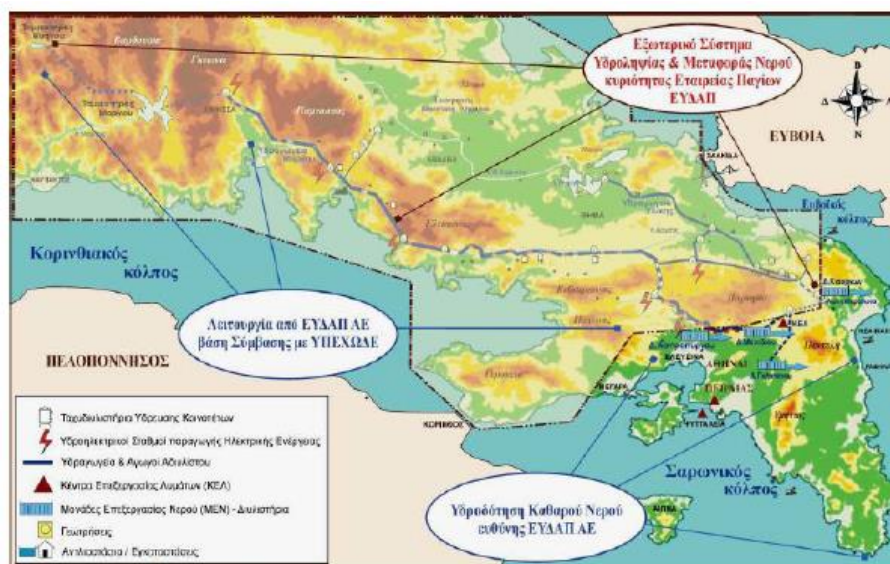
Η Ε.ΥΔ.Α.Π. σήμερα είναι η μεγαλύτερη εταιρεία στην Ελλάδα που δραστηριοποιείται στην αγορά του νερού. Το πελατολόγιο της στον τομέα της ύδρευσης, περιλαμβάνει περίπου 2.060.000 συνδέσεις ύδρευσης (παροχές)

¹ Αραβική Άνοιξη ονομάστηκε ένα κύμα διαδηλώσεων και διαμαρτυριών στη Μέση Ανατολή και τη Βόρεια Αφρική, που εκδηλώθηκε από τις 18 Δεκεμβρίου του 2010 (<https://el.wikipedia.org/wiki/>).

εξυπηρετώντας περίπου τους 3.500.000 κατοίκους του Λεκανοπεδίου τόσο για ύδρευση όσο και για αποχέτευση. Παράλληλα υδροδοτεί το υπόλοιπο της Αττικής με ενίσχυση των τοπικών Δικτύων ΟΤΑ. Το 2012 η ποσότητα ζήτησης νερού στις Μονάδες Επεξεργασίας Νερού της ανήλθε περίπου στα 400 εκ m³ και οι εισπράξεις στα 353€ εκ.

Για την επεξεργασία του νερού λειτουργούν 4 Μονάδες Επεξεργασίας Νερού (ΜΕΝ Γαλασίου, Μενιδίου, Ασπροπύργου, Πολυδενδρίου) με συνολική ικανότητα αιχμής 1,97 εκ. m³. Το δίκτυο διανομής περιλαμβάνει 51 δεξαμενές συνολικής χωρητικότητας 0,89 εκ m³ και 81 αντλιοστάσια συνολικής ισχύος 22,6 MW ενώ το μήκος των αγωγών του δικτύου διανομής ανέρχεται σε 9.500 χλμ.

Για την υδροληψία η Ε.ΥΔ.Α.Π. λειτουργεί τους ταμιευτήρες των ποταμών Χάραδρος (Τεχνητή Λίμνη Μαραθώνα), Βοιωτικός Κηφισός (Λίμνη Υλίκη), Μόρνος (Τεχνητή Λίμνη Μόρνου) και Εύηνου (Τεχνητή Λίμνη Εύηνου) καθώς και τα υδραγωγεία Υλίκης-Μαραθώνα και Μόρνου-Ευήνου, που παραμένουν όμως ιδιοκτησία του Ελληνικού Δημοσίου.



Εικόνα 5: Το Δίκτυο Υδροδότησης της Ε.ΥΔ.Α.Π. (εξωτερικό δίκτυο Ταμιευτήρων – Υδραγωγείων) – Πηγή Ε.ΥΔ.Α.Π.

Παρότι η Ε.ΥΔ.Α.Π. Α.Ε. είναι μια επιχείρηση εισηγμένη στο Χρηματιστήριο Αθηνών η κερδοφορία δεν είναι πάντα το σημαντικότερο μέλημα/πρόβλημα της. Η κοινωνική και περιβαλλοντική αξία του νερού και η μονοπωλιακή δομή της

λειτουργίας των δικτύων ύδρευσης, καθιστά την Ε.ΥΔ.Α.Π. έναν «a priori Stakeholder» στην διαχείριση των υδάτινων πόρων. Η ιδιαιτερότητα αυτή αποτυπώνεται και από την υποχρέωση της (βάσει νομοθεσίας) να εκπονήσει και να θέσει σε λειτουργία ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα διαχείρισης του νερού για την Αττική. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα βασικά ζητήματα που απασχολούν την Ε.ΥΔ.Α.Π. δεν είναι άλλα από αυτά που αφορούν και την «κρίση του νερού», δηλαδή:

- ✓ Να σχεδιάσει τα ελάχιστα απαιτούμενα έργα για την κάλυψη μελλοντικών αναγκών σε βάθος χρόνου διατηρώντας τον τόσο σημαντικό αυτό πόρο, το νερό, επαρκή μακροπρόθεσμα.
- ✓ Να λειτουργήσει τις εγκαταστάσεις αποδοτικά σε καθημερινή και ετήσια βάση.
- ✓ Να διαχειριστεί την ζήτηση του νερού με στόχο την ορθολογικότερη χρήση.

Κεφάλαιο 2 – Κλίμα & ξηρασία

2.1 Το κλίμα

2.1.1 Ορισμός

Με τον όρο κλίμα εννοείται η σύνθεση των στοιχείων του καιρού για ένα μακρό χρονικό διάστημα. Το κλίμα συνεπώς είναι η μέση καιρική κατάσταση σε μία περιοχή για αρκετά χρόνια (Κατσαφάδος, 2014).

Υπάρχουν διάφοροι τύποι κλίματος. Μερικοί από αυτούς που θα απασχολήσουν την παρούσα εργασία είναι:

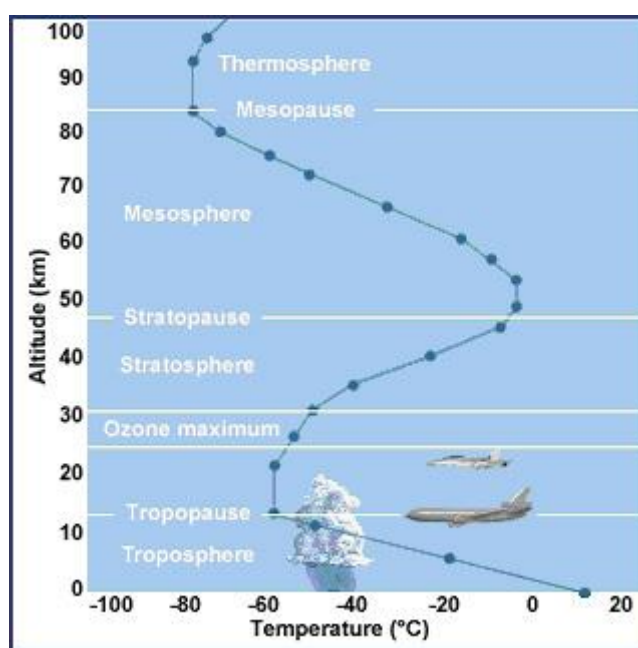
- ✓ Μεσογειακό (Mediterranean): Παρουσιάζεται στη λεκάνη της Μεσογείου και χαρακτηρίζεται από θερμά - ξηρά καλοκαίρια και ήπιους - βροχερούς χειμώνες.
- ✓ Θαλάσσιο (Maritime-marine): Παρουσιάζεται σε περιοχές που είναι κοντά στη θάλασσα και χαρακτηρίζεται από υψηλή σχετική υγρασία και από μικρό εύρος θερμοκρασίας σε ετήσια και ημερήσια βάση.
- ✓ Ξηρό (Dry): Χαρακτηρίζεται από μικρή βροχόπτωση με μεγάλη μεταβλητότητα.

2.1.2 Η ατμόσφαιρα

Η ατμόσφαιρα της Γης είναι μοναδική στο ηλιακό σύστημα. Η Αφροδίτη πλήττεται από καταιγίδες όξινης βροχής, ακραίες θερμοκρασίες και ανέμους που πνέουν με ταχύτητα 320 km/h. Ο Άρης υποφέρει από ξηρασίες. Όμως κανένα από τα παραπάνω φαινόμενα δε θεωρείται επικίνδυνο, αφού στους πλανήτες αυτούς δεν υπάρχει ανθρώπινη ζωή για να απειληθεί.

Αντίθετα η ατμόσφαιρα της Γης παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Αποτελείται κατά 78,08% από άζωτο, κατά 20,94% από οξυγόνο, κατά 4% από νερό (μέγιστο), κατά 0,93% από αργό, μόνο κατά 0,035% από διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και από άλλα στοιχεία σε πολύ μικρά ποσοστά (νέον, ήλιον, υδρογόνο, ξένο, μεθάνιο κ.α). Η ατμόσφαιρα έχει πάχος πάνω από 80km αλλά τα κλιματικά φαινόμενα (νέφη, καταιγίδες, κατακρημνίσεις, άνεμοι) συμβαίνουν στο κατώτερο στρώμα πάχους 8-12km, την τροπόσφαιρα (εικόνα 6). Η θερμοκρασία της τροπόσφαιρας μειώνεται με

το ύψος και αυτό επειδή η κύρια πηγή θερμότητας είναι η γη, η οποία θερμαίνεται από τον ήλιο. Ισχυρά κατακόρυφα ρεύματα αναπτύσσονται στην τροπόσφαιρα με συνέπεια να προκαλούν ισχυρές καταιγίδες (Κατσαφάδος, 2014). Στην τροπόπαυση, που έπεται της τροπόσφαιρας, συμβαίνει το αντίθετο, δηλαδή η θερμοκρασία παραμένει σταθερή κι επομένως λειτουργεί σαν καπάκι στο κατώτερο τμήμα της ατμόσφαιρας, το οποίο λειτουργεί ανασταλτικά για διάφορα ακραία κλιματικά φαινόμενα.

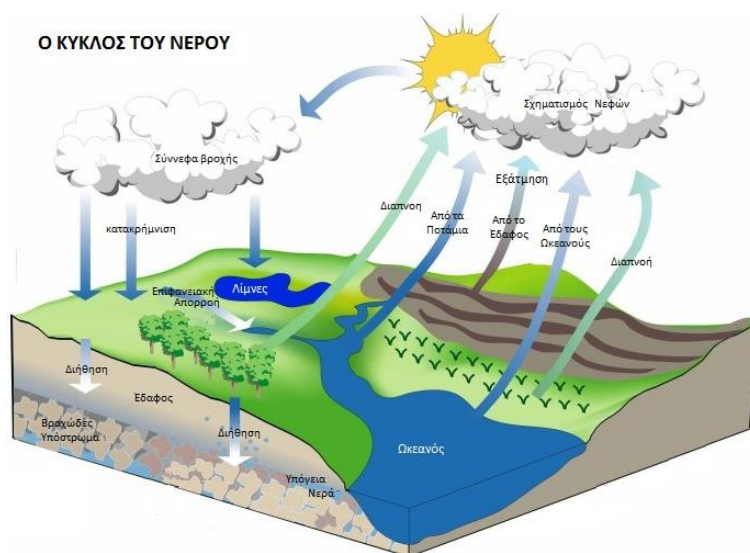


Εικόνα 6: Στρώματα ατμόσφαιρας
(πηγή: <http://www.aviamet.gr/cms.jsp?moduleId=002&extLang=>)

2.1.3 Τα κατακρημνίσματα

Με τον όρο κατακρημνίσματα εννοείται κάθε μορφή υγρασίας που πέφτει από την ατμόσφαιρα στην επιφάνεια της γης (Κατσαφάδος, 2014). Η ατμόσφαιρα εμπλουτίζεται με υγρασία μέσω της εξάτμισης του νερού από υδάτινους όγκους και από υγρές επιφάνειες γενικότερα και μέσω τις διαπνοής από τα φυτά. Ανοδικά ρεύματα ανεβάζουν τους υδρατμούς στα ανώτερα στρώματα, όπου επικρατούν χαμηλότερες πιέσεις και θερμοκρασίες. Επειδή όμως σε χαμηλή θερμοκρασία ο αέρας δεν μπορεί πια να συγκρατεί όλη τη μάζα των υδρατμών, ένα μέρος τους συμπυκνώνεται και σχηματίζει τα σύννεφα. Τα ρεύματα του αέρα κινούν τα σύννεφα γύρω από την υδρόγειο. Παράλληλα τα σταγονίδια νερού που σχηματίζουν τα σύννεφα συγκρούονται και μεγαλώνουν και τελικά πέφτουν από

τον ουρανό ως κατακρημνίσματα (εικόνα 7). Στην Ελλάδα, κύρια πηγή εμπλουτισμού της ατμόσφαιρας σε υγρασία είναι η κεντρική και δυτική λεκάνη της Μεσογείου. Οι μεγαλύτερες βροχοπτώσεις εμφανίζονται όταν οι υγρές αέριες μάζες από την περιοχή αυτή μεταφέρονται με δυτικούς ανέμους κυρίως στη Δυτική Ελλάδα (Παπαζαφειρίου, 1983).



Εικόνα 7: Ο κύκλος του νερού
(πηγή: <http://users.sch.gr/kassetas/0%20000%200aCyrclWater.htm>)

Το ποσοστό των υδρατμών στην ατμόσφαιρα είναι μικρό (0-4%) αλλά σημαντικό για κάθε μορφής ζωή καθώς και για τη διανομή της θερμικής ενέργειας στον πλανήτη. Για την εξάτμιση του νερού απαιτείται θερμότητα η οποία απελευθερώνεται ξανά όταν οι υδρατμοί συμπυκνώνονται. Κατ' αυτόν τον τρόπο η θερμότητα διακινείται μέσω των μετεωρολογικών φαινομένων. Η δυναμική των υδρατμών της ατμόσφαιρας και η χωρική και χρονική μεταβλητότητά τους ευθύνεται σε μεγάλο ποσοστό για τη μεταβλητότητα του καιρού. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις των υδρατμών βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας και μειώνονται με το γεωγραφικό πλάτος, το υψόμετρο και την απόσταση από την ακτογραμμή (Μιμίκου, και συν., 2003). Εδώ πρέπει να υπογραμμιστεί ότι η ποσότητα των υδρατμών πάνω από μια περιοχή δε σχετίζεται απαραίτητα με την ποσότητα των κατακρημνισμάτων σε αυτή (Μιμίκου, Μπαλτάς, 2003). Οι μορφές των κατακρημνισμάτων είναι η βροχή, το χιόνι, το χαλάζι και οι παραλλαγές αυτών (χιονόβροχο, δρόσος, πάχνη, ομίχλη). Τα χαρακτηριστικά ενός κατακρημνίσματος

είναι συνάρτηση των χαρακτηριστικών του ανερχόμενου αέρα και του μηχανισμού ανυψώσεως (Eagleson, 1970).

2.1.4 Παράμετροι κλίματος

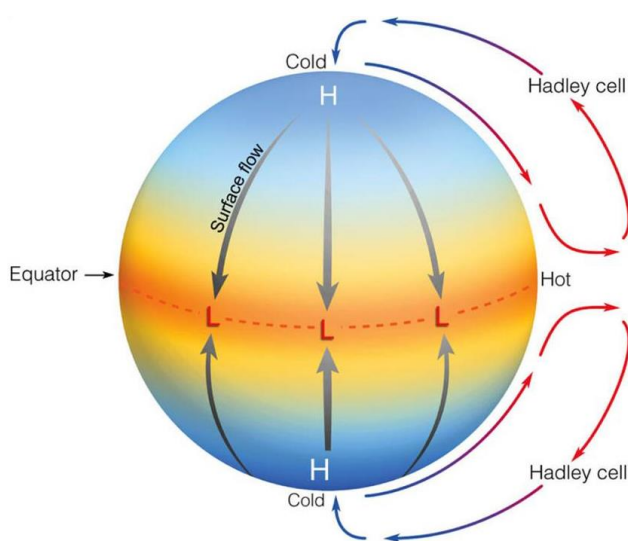
Το κλίμα χαρακτηρίζεται από τρεις παράγοντες, τη θερμοκρασία, την ατμοσφαιρική πίεση και την υγρασία. Η μορφή και η ποσότητα των κατακρημνισμάτων (προϊόν των υδρατμών της ατμόσφαιρας) εξαρτάται από αυτούς τους τρεις παράγοντες, ενώ η ατμοσφαιρική υγρασία είναι απαραίτητη αλλά όχι αρκετή για την πρόκληση κατακρήμνισης (Κατσαφάδος, 2014). Η θερμοκρασία λειτουργεί καταλυτικά στη γένεση των μετεωρολογικών φαινομένων σε όλο τον πλανήτη. Η μεταβολή της θερμοκρασίας σε μια περιοχή του πλανήτη επηρεάζει την ατμοσφαιρική πίεση ακόμα και σε περιοχές μακριά από αυτήν, η οποία με τη σειρά της διαμορφώνει τη διεύθυνση και την ένταση των ρευμάτων και των ανέμων. Τα επίπεδα της υγρασίας στον αέρα επηρεάζουν την ευστάθεια των αερίων μαζών, ελέγχοντας έτσι τη βροχόπτωση. Καθένα, λοιπόν, από τα στοιχεία αυτά ασκεί τη δική του επιρροή στη γένεση των φυσικών φαινομένων.

A. Θερμοκρασία

Η πηγή της θερμότητας στην ατμόσφαιρα είναι κυρίως η γη. Η επιφάνεια της γης δέχεται ηλιακή ενέργεια με τη μορφή ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος. Ένα μικρό ποσοστό (17%) απορροφάται απευθείας από την ατμόσφαιρα, ενώ το υπόλοιπο φτάνει στην επιφάνεια της γης. Εκεί ένα ποσοστό απορροφάται και θερμαίνει τη γη. Η γη στη συνέχεια επανεκπέμπει θερμότητα στην ατμόσφαιρα με τη μορφή ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος. Επιπρόσθετη θερμική ενέργεια στην ατμόσφαιρα μεταφέρεται και μέσω της εξάτμισης του επιφανειακού νερού με τη μορφή υδρατμών. Αυτή η θέρμανση που άλλοτε είναι εντονότερη και άλλοτε ασθενέστερη επηρεάζει την ατμοσφαιρική πίεση και κατ' επέκταση δημιουργεί κινήσεις ρευμάτων (Κατσαφάδος, 2014).

Για παράδειγμα στον Ισημερινό, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών, η ατμόσφαιρα θερμαίνεται πολύ με αποτέλεσμα μια ζεστή ζώνη αέρα να ανέρχεται στα ανώτερα στρώματα αυτής. Όσο ανεβαίνει σε μεγαλύτερα υψόμετρα κρυώνει και συμπυκνώνεται σχηματίζοντας έτσι σύννεφα που προκαλούν τις σφοδρές τροπικές

βροχοπτώσεις. Κατ' αυτόν τον τρόπο ένα μεγάλο μέρος της υγρασίας επιστρέφει στη γη και ο αέρας φτάνει στον τροπικόσφαιρα κρύος και ξηρός. Όσο όμως κατέρχεται, τόσο θερμαίνεται, γεγονός που του αφαιρεί οποιαδήποτε παραμένουσα υγρασία. Κατά συνέπεια αυτές οι κατερχόμενες ζώνες αέρα είναι πολύ ξηρές και χωρίς σύννεφα, δημιουργώντας συνθήκες ξηρότητας εκατέρωθεν του Ισημερινού. Αυτές οι περιοχές ονομάζονται υποτροπικές και οριοθετούνται από τους τροπικούς του Καρκίνου και του Αιγόκερω. Ο κατερχόμενος αέρας συμπιέζει την κατώτερη ατμόσφαιρα, δημιουργώντας έτσι πεδίο υψηλών πιέσεων. Ο κατερχόμενος στις υποτροπικές περιοχές αέρας μοιράζεται σε δύο κατευθύνσεις, μία προς τους πόλους και μία προς τον Ισημερινό. Όταν ο αέρας φτάσει στους πόλους επιστρέφει και πάλι στον Ισημερινό κρύος και πυκνός. Ο κύκλος που έχει ολοκληρωθεί είναι γνωστός με το όνομα Hadley cell, σύμφωνα με το απλουστευμένο μοντέλο γενικής κυκλοφορίας με ένα κύτταρο (εικόνα 8). Στην πορεία του αυτή συναντά το ρεύμα του ζεστού αέρα το οποίο κινείται από τους τροπικούς προς τους πόλους. Ο ζεστός αέρας, αν πνέει πάνω από ωκεανούς, εμπλουτίζεται με υγρασία. Στο μέτωπο (front) που δημιουργείται ανάμεσα στον πολικό και στον τροπικό αέρα, ο ζεστός και υγρός τροπικός ανεβαίνει πάνω από τον κρύο και ξηρό πολικό. Κατά την άνοδό του ψυχραίνεται και συμπυκνώνεται με αποτέλεσμα να δημιουργεί μια περιοχή αυξημένης βροχόπτωσης (Frampton, et al., 1996).



Εικόνα 8: Το απλούστερο μοντέλο γενικής κυκλοφορίας με ένα κύτταρο (Hadley cell)
(Μαμάσης, και συν., 2000)

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμοκρασία είναι:

- ✓ Απόσταση από τη θάλασσα: Οι παραθαλάσσιες περιοχές χαρακτηρίζονται γενικά από ήπιο κλίμα. Όσο απομακρυνόμαστε από τη θάλασσα, τόσο η μεταβλητότητα της θερμοκρασίας αυξάνει δεδομένης της μικρότερης θερμοχωρητικότητας της γης σε σχέση με τον ωκεανό.
- ✓ Υψόμετρο: Οι περιοχές που βρίσκονται σε μεγάλο υψόμετρο χαρακτηρίζονται από χαμηλότερες θερμοκρασίες, διότι βρίσκονται πιο μακριά από την πηγή θερμότητας, τη γη. Επίσης η ατμοσφαιρική πίεση είναι χαμηλότερη.
- ✓ Κατεύθυνση ανέμου: Η θερμοκρασία των ανέμων που πνέουν σε μια περιοχή επηρεάζει τη θερμοκρασία της.
- ✓ Γεωγραφικό πλάτος: Σε μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη επικρατούν γενικά χαμηλότερες θερμοκρασίες εξαιτίας της μικρότερης γωνίας πρόσπτωσης του ηλίου (Frampton, et al., 1996).

B. Ατμοσφαιρική πίεση

Η πίεση που ασκεί η ατμόσφαιρα στην επιφάνεια της γης ισοδυναμεί με βάρος 10.000kg/m^2 και εξαρτάται από τη θερμοκρασία του αέρα. Ο θερμός αέρας είναι αραιός με αποτέλεσμα να ασκεί μικρότερη πίεση σε σχέση με τον ψυχρό, ο οποίος ζυγίζει περισσότερο. Η διαφορά θερμοκρασίας προκαλεί διαφορά πίεσης, η οποία προκαλεί τους ανέμους εφόσον οι αέριες μάζες μετακινούνται από περιοχή υψηλών σε περιοχή χαμηλών πιέσεων. Επίσης η πίεση επηρεάζεται από την άνοδο και κάθοδο αερίων μαζών. Στις περιοχές, όπου ο αέρας κατέρχεται από την ανώτερη ατμόσφαιρα (στις υποτροπικές ζώνες, π.χ. έρημος Σαχάρα) η ατμοσφαιρική πίεση αυξάνεται. Σε άλλες περιοχές οι ισχυροί άνεμοι στην ανώτερη τροπόσφαιρα συμπαρασύρουν αέριες μάζες από την κατώτερη ατμόσφαιρα μειώνοντας έτσι την ατμοσφαιρική πίεση. Οι ξηρασίες συνδέονται με συστήματα υψηλής πίεσης, επειδή ο κατερχόμενος θερμός αέρας στερείται υγρασίας. Αντίθετα, οι ισχυρές βροχοπτώσεις και οι πλημμύρες συνδέονται με χαμηλής πίεσης συστήματα τα οποία προκαλούν ανερχόμενο αέρα, συμπύκνωση και σύννεφα.

Γ. Υγρασία

Η υγρασία καθορίζει τη σταθερότητα των αερίων μαζών. Ο ξηρός αέρας είναι πιο σταθερός από τον υγρό. Όταν ο αέρας ανεβαίνει ψήχεται και οι υδρατμοί που περιέχει συμπυκνώνονται, με αποτέλεσμα να γεννώνται καταιγίδες. Οι πλούσιες σε υγρασία αέριες μάζες συνδέονται με τους τροπικούς κυκλώνες, τις καταιγίδες και τις πλημμύρες, ενώ οι αέριες με χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία συνδέονται με τις ξηρασίες (Frampton, et al., 1996).

2.2 Το κλίμα της Ελλάδας

2.2.1 Γεωγραφικά χαρακτηριστικά

Η χώρα μας βρίσκεται ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη 34-42°N, δηλαδή στην περιοχή δράσης των εξωτροπικών κυκλώνων. Η κατανομή ξηράς θάλασσας είναι 1:3 και το μήκος των ακτών είναι περίπου 15.000km. Παρουσιάζει μεγάλη γεωμορφολογική ποικιλία, ιδίως στα δυτικά (Κατσαφάδος, 2014).

2.2.2 Κλιματικά χαρακτηριστικά

Η Ελλάδα βρέχεται από την Ανατολική Μεσόγειο, κατά συνέπεια το κλίμα της είναι σε γενικές γραμμές Μεσογειακό, δηλαδή χαρακτηρίζεται από ήπιους και υγρούς χειμώνες και σχετικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια. Επίσης, η ηλιοφάνεια όλο σχεδόν το χρόνο είναι ένα από τα βασικότερα χαρακτηριστικά του. Η Βόρεια Ελλάδα επηρεάζεται από τα κλιματικά χαρακτηριστικά της Νοτιοανατολικής Ευρώπης ενώ η Νότια έχει τυπικό θαλάσσιο Μεσογειακό κλίμα. Το χειμώνα βρίσκεται κάτω από την επιρροή του Σιβηρικού αντικυκλώνα ή των διερχόμενων από δυτικά υφέσεων. Το καλοκαίρι βρίσκεται κάτω από την επιρροή του αντικυκλώνα του Ατλαντικού και του χαμηλού των Ινδιών.

Η πολύπλοκη τοπογραφική διαμόρφωση της Ελλάδας, που έχει μεγάλες διαφορές υψομέτρου και εναλλαγή ξηράς-θάλασσας, έχει ως αποτέλεσμα να συναντώνται διαφορετικοί κλιματικοί τύποι (πάντα βέβαια στα πλαίσια του Μεσογειακού κλίματος) ακόμα και μεταξύ περιοχών που βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, φαινόμενο σπάνιο σε παγκόσμια κλίμακα. Από κλιματολογικής άποψης το έτος μπορεί να χωριστεί σε δύο μεγάλες περιόδους: την ψυχρή και βροχερή

χειμερινή περίοδο, που διαρκεί από τα μέσα Οκτωβρίου μέχρι το τέλος Μαρτίου και τη θερμή και άνομβρη εποχή που διαρκεί από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο. Η άνοιξη έχει μικρή διάρκεια, διότι ο χειμώνας είναι όψιμος και το καλοκαίρι αρχίζει πρόωρα. Το φθινόπωρο είναι μακρύ και θερμό ενώ συχνά παρατείνεται μέχρι τα μέσα Δεκεμβρίου, κυρίως στη Νότια Ελλάδα (Αναγνώστου, 2003).

2.3 Ξηρασία

2.3.1 Ορισμός – Κατηγορίες ξηρασίας

Με τον όρο ξηρασία εννοείται μια μακρά χρονική περίοδο, όπου η παρουσία του γλυκού νερού σε μια γεωγραφική περιοχή είναι σημαντικά μικρότερη από την αναμενόμενη, όπως αυτή έχει προσδιοριστεί με βάση το κλιματικό καθεστώς, αλλά και τις απαιτήσεις νερού για την κάλυψη των τοπικών αναγκών (Μαμάσης, και συν., 2007). Το νερό που εισέρχεται σε μια περιοχή μέσω των κατακρημνισμάτων απορρέει ως παροχή ποταμών είτε αποθηκεύεται προσωρινά ως εδαφική υγρασία ή ως απόθεμα στους υπόγειους υδροφορείς και στις λίμνες (φυσικές και τεχνητές), μέχρι να εξατμιστεί ή να καταλήξει στη θάλασσα.

Ξηρασίες διαφόρων εντάσεων και διάρκειας έχουν πλήξει τις περισσότερες περιοχές του πλανήτη κάποια στιγμή. Η ξηρασία είναι ένα επαναλαμβανόμενο φαινόμενο του κλίματος της Ευρώπης και μπορεί να εμφανιστεί τόσο σε άνυδρες όσο και σε περιοχές πλούσιες σε βροχόπτωση και σε οποιαδήποτε εποχή. Επίσης, είναι μία από τις πιο 'ακριβές' φυσικές καταστροφές στις σύγχρονες ανεπτυγμένες κοινωνίες, όπου ένα μεγάλο μέρος της οικονομίας βασίζεται στη γεωργία (FEMA, 1995). Επιπλέον κοστίζει ακριβά σε όρους ανθρώπινης ζωής σε κοινωνίες όπου η επιβίωση βασίζεται στη γεωργία (FAO, 2004). Η ξηρασία συχνά αναφέρεται ως μια από τις πιο σοβαρές φυσικές καταστροφές του ανεπτυγμένου κόσμου. Διαφέρει από τις υπόλοιπες καταστροφές, όπως οι πλημμύρες και οι τυφώνες, ως προς το γεγονός ότι δεν απειλεί άμεσα την ανθρώπινη ζωή. Σε μια περίοδο ξηρασίας οι άνθρωποι δεν απειλούνται από το ίδιο το φαινόμενο αλλά από την έλλειψη τροφής και υγιεινής που αυτό συνεπάγεται. Οι χειρότερες καταιγίδες μπορεί να σκοτώσουν μερικές εκατοντάδες ανθρώπους, όμως η ξηρασία του 1770 στην Ινδία κόστισε τη

ζωή σε 10.000 και στην Κίνα το 1878 σε 10.000.000 ανθρώπους (Clarke, et al., 1989).

Η εκδήλωση της ξηρασίας εξαρτάται από την αλληλεπίδραση του φυσικού φαινομένου της βροχόπτωσης (λιγότερη βροχή από την αναμενόμενη και συνεπώς μικρότερη διαθεσιμότητα νερού) με τη διαχείριση των υδατικών συστημάτων από τον άνθρωπο ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις σε νερό (Μαμάσης, και συν., 2007). Αν ωστόσο, παρά τη μειωμένη βροχόπτωση, οι απαιτήσεις σε νερό, είτε για την κάλυψη των ανθρωπίνων αναγκών (ύδρευση, άρδευση, υδροηλεκτρική ενέργεια, αναψυχή και ναυσιπλοΐα), είτε αυτών του οικοσυστήματος, δεν υπερβαίνουν τη διαθέσιμη ποσότητα, τότε δεν νοείται φαινόμενο ξηρασίας.

Αντίστοιχα αν σε μια περιοχή λόγω της ελλιπούς υποδομής (έλλειψη ταμιευτήρων) ή της μη σωστής διαχείρισης των υδατικών πόρων (π.χ. ανταγωνιστικές χρήσεις νερού) η ζητούμενη ποσότητα υπερβαίνει τη διαθέσιμη, είναι δυνατή η εμφάνιση συνθηκών ξηρασίας ακόμα και σε περιόδους που η βροχόπτωση κυμαίνεται σε κανονικά με βάση το κλιματικό καθεστώς της περιοχής επίπεδα. Για τους παραπάνω λόγους έχουν αποδοθεί στο φαινόμενο διάφοροι ορισμοί στη διεθνή βιβλιογραφία, οι οποίοι κατατάσσονται σε 4 κατηγορίες (Μαμάσης, και συν., 2007):

- ✓ Ως **μετεωρολογική-κλιματική ξηρασία** ορίζεται το φαινόμενο, κατά το οποίο η βροχόπτωση σε μια περιοχή (ετήσιο ύψος, αριθμός ημερών βροχής) είναι μικρότερη από την αναμενόμενη με βάση το κλιματικό καθεστώς της, όπως αυτό διαμορφώνεται από την ατμοσφαιρική κυκλοφορία. Για παράδειγμα ατμοσφαιρικές διαταραχές μεγάλης κλίμακας, όπως η παρουσία σε μια περιοχή για μεγάλο χρονικό διάστημα ενός πεδίου υψηλών πιέσεων που συνεπάγεται απουσία βροχής μπορούν να προκαλέσουν ξηρασία.
- ✓ Η **γεωργική ξηρασία** ορίζεται με βάση τις επιπτώσεις που έχει στη γεωργία η μετεωρολογική ξηρασία. Η μειωμένη βροχόπτωση συνεπάγεται μειωμένη εδαφική υγρασία η οποία είναι συχνά ανεπαρκής για την κάλυψη των αναγκών των φυτών. Η ένταση της γεωργικής ξηρασίας προσδιορίζεται από τη διαφορά μεταξύ βροχόπτωσης και δυνητικής εξατμοδιαπνοής. Υπενθυμίζεται ότι ο όρος δυνητική εξατμοδιαπνοή περιγράφει το σύνολο

των απωλειών νερού από την εξάτμιση εδαφών και από τη διαπνοή των φυτών κάτω από συνθήκες απεριόριστης διαθεσιμότητας νερού (Κουτσιγιάννης, και συν., 1999).

- ✓ Η **υδρολογική ξηρασία** ορίζεται με βάση τις επιπτώσεις που έχει η μετεωρολογική ξηρασία στην επιφανειακή και υπόγεια απορροή και εκδηλώνεται με τη μείωση της παροχής των ποταμών, της στάθμης φυσικών και τεχνητών λιμνών, των αποθεμάτων των υπόγειων νερών και της εδαφικής υγρασίας (Μαμάσης, και συν., 2007). Η μετεωρολογική ξηρασία επιδρά άμεσα στην εδαφική υγρασία και κατά συνέπεια στις καλλιέργειες αλλά με χρονική υστέρηση στην παροχή των ποταμών, στη στάθμη των λιμνών και των ταμιευτήρων καθώς και στα αποθέματα των υπόγειων νερών.
- ✓ Η **κοινωνικοοικονομική ξηρασία** αφορά στις επιπτώσεις της λειψυδρίας σε όλες τις κοινωνικές δραστηριότητες που σχετίζονται με τη χρήση νερού, όπως κατανάλωση νερού για λόγους επιβίωσης, για πότισμα καλλιεργειών, για παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας κ.α. Η κοινωνικοοικονομική ξηρασία εκδηλώνεται όταν η ζήτηση ξεπερνάει την προσφορά νερού, γεγονός που μπορεί να συμβεί όχι μόνο λόγω μειωμένης διαθεσιμότητας, αλλά και μη ορθολογικής διαχείρισης των ήδη διατιθέμενων υδατικών πόρων. Συχνά οι πολιτικές διαδικασίες και οι διαμάχες μεταξύ κρατών και κοινωνικών ομάδων (π.χ. διακρατικά ποτάμια) έχουν γίνει η αιτία ώστε μεγάλες ομάδες πληθυσμών να υποφέρουν από λειψυδρία, ακόμα και όταν το νερό διατίθεται άφθονο στις πηγές και στα ποτάμια.

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η ξηρασία είναι ένα φαινόμενο που μπορεί να εμφανιστεί σχεδόν σε όλες τις κλιματικές ζώνες της γης, αφού η μεταβλητότητα του κλίματος είναι μονάχα ένας ανάμεσα σε μια σειρά οικονομικών και κοινωνικών παραγόντων. Υπάρχουν ωστόσο περιοχές που είναι πιο ευάλωτες στο φαινόμενο και χαρακτηρίζονται ως άνυδρες ή ημιάνυδρες. Η ξηρότητα είναι ένα μόνιμο χαρακτηριστικό περιοχών με χαμηλό μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης, ενώ η ξηρασία είναι ένα περιστασιακό φαινόμενο, το οποίο μπορεί να συμβεί σε κάθε περιοχή του πλανήτη ανά πάσα στιγμή και με μικρή ή χωρίς προειδοποίηση

(Μαμάσης, και συν., 2007). Όσον αφορά στη χώρα μας, η μετεωρολογική ξηρασία είναι πιο πιθανό να συμβεί σε περιοχές με μικρά ύψη βροχόπτωσης και μεγάλη μεταβλητότητα, δηλαδή στην Ανατολική Ελλάδα και πιο συγκεκριμένα στην Αττική και στα νησιά του κεντρικού Αιγαίου. Η γεωργική ξηρασία πλήττει περισσότερο περιοχές με μεγάλες απαιτήσεις σε αρδευτικό νερό (π.χ. Θεσσαλία, Αργολίδα), ενώ η υδρολογική εμφανίζεται σε περιοχές με μικρές λεκάνες απορροής ή σε νησιά τα οποία δεν τροφοδοτούνται από ταμειυτήρες ή γεωτρήσεις.

2.3.2 Η ξηρασία σε σχέση με άλλες φυσικές καταστροφές

Στον πίνακα 1 παρουσιάζεται μια συγκριτική παρουσίαση των φυσικών καταστροφών. Παρατηρούμε ότι η ξηρασία κατατάσσεται πρώτη σε διάρκεια, σε κόστος οικονομικών μονάδων και ανθρώπινων ζωών, σε μακροπρόθεσμες επιπτώσεις, σε πληγείσες γεωγραφικές εκτάσεις κ.λπ.

Επίσης είναι φαινόμενο που εξελίσσεται σιωπηλά και χωρίς σαφή χρονικά όρια αρχής και λήξης. Σύμφωνα και με τον πίνακα οι επιδράσεις μπορεί να παραμείνουν για αρκετά χρόνια μετά τη λήξη του. Επιπλέον, δεν προσελκύει τόσο το ενδιαφέρον της κοινής γνώμης, γιατί δεν προκαλεί καταστροφή σε υποδομές και δεν έχει άμεσες και ορατές επιπτώσεις όπως συμβαίνει με άλλες φυσικές καταστροφές (πλημμύρες, τυφώνες, σεισμοί). Για τους παραπάνω λόγους και δεδομένης της απουσίας ενός διεθνώς αναγνωρισμένου ορισμού, συνήθως προκαλείται σύγχυση μέχρι να προσδιοριστεί η ένταση του φαινομένου και γενικά είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν οι επιπτώσεις του, καθώς και να προβλεφθεί αρωγή για τους πληγέντες (Μαμάσης, και συν., 2007).

Πίνακας 1: Συγκριτικός πίνακας φυσικών καταστροφών. Το 1 είναι η υψηλότερη και το 5 η χαμηλότερη βαθμολογία (Frampton, et al., 1996)

	Ένταση	Διάρκεια	Γεωγραφική Έκταση	Απώλειες Ζωής	Οικονομική Ζημιά	Κοινωνικές Επιπτώσεις	Μακροπρόθεσμες Επιπτώσεις	Αιφνιδισμός
Ξηρασία	1	1	1	1	1	1	1	4
Τροπικοί κυκλώνες	1	2	2	2	2	2	1	5
Πλημμύρα	2	2	2	1	1	1	2	4
Σεισμός	1	5	1	2	1	1	2	3
Ηφαιστειακή έκρηξη	1	4	4	2	2	2	1	2
Τροπική καταιγίδα	1	3	2	2	2	2	2	5
Τσουνάμι	2	4	1	2	2	2	3	4
Πυρκαγιά	3	3	3	3	3	3	3	2
Άνοδος θερμοκρασίας θάλασσας	5	1	1	5	3	5	1	5
Παγόβουνο	4	1	1	4	4	5	5	2
Καταιγίδα σκόνης	3	3	2	5	4	5	4	1
Κατολισθήσεις	4	2	2	4	4	4	5	2
Χιονοθύελλα	4	3	3	5	4	4	5	1
Ισχυροί άνεμοι τροπικής κλίμακας	5	4	3	5	5	5	5	1
Πτώσεις βράχων	5	5	5	5	5	5	6	1

2.3.3 Τα χαρακτηριστικά της ξηρασίας

Τα βασικά χαρακτηριστικά των διαφόρων επεισοδίων της ξηρασίας είναι η ένταση (ελάττωση της βροχόπτωσης και επίπτωσης), η διάρκεια, η χωρική κατανομή και η καταστροφικότητα. Αναλυτικότερα,

- ✓ Η ένταση της ξηρασίας εκφράζεται από την απόκλιση της βροχόπτωσης και άλλων παραμέτρων που συνδέονται με την εξάτμιση (θερμοκρασία, άνεμος, υγρασία) από τις αναμενόμενες κλιματικές τιμές. Η

ποσοτικοποίηση της έντασης μπορεί να γίνει είτε με τη χρήση της στατιστικής, μέσω της οποίας μπορεί να εκτιμηθεί η πιθανότητα εμφάνισης των συγκεκριμένων τιμών των μετεωρολογικών μεταβλητών, είτε με τη χρήση δεικτών που ενσωματώνουν τις κλιματικές παραμέτρους (Μαμάσης, και συν., 2007).

- ✓ Η χρονική διάρκεια της ξηρασίας δεν είναι εύκολο να προσδιοριστεί, καθώς οι χρονικές στιγμές λήξης και έναρξης του φαινομένου δεν είναι ξεκάθαρες και ευδιάκριτες. Επίσης οι επιπτώσεις της μετεωρολογικής ξηρασίας μπορεί να συνεχιστούν ακόμα και μήνες μετά την έναρξη της βροχόπτωσης, αφού η επαναφόρτιση όλων των υδάτινων πόρων (κυρίως των υπογείων) απαιτεί χρόνο (Μαμάσης, και συν., 2007).
- ✓ Η χωρική κατανομή της ξηρασίας εξαρτάται όχι μόνο από τα κλιματικά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της, αλλά και από τα έργα υποδομής για την αποθήκευση και μεταφορά νερού. Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα είναι η περίπτωση τεχνολογικά τροποποιημένων υδατικών συστημάτων που τροφοδοτούνται με νερό από διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές (π.χ. μέσω έργων εκτροπής ποταμών) οι οποίες απέχουν σημαντικά μεταξύ τους. Στα συστήματα αυτά, η γεωγραφική έκταση της ξηρασίας είναι παράμετρος ιδιαίτερα σημαντική, αφού μπορεί να επηρεάσει μόνο ένα τμήμα των υδατικών πόρων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας που τροφοδοτείται από τις πλούσιες σε βροχοπτώσεις λεκάνες του Μόρνου και του Ευήνου (δυτική Ελλάδα) και από τις σχετικά ξηρότερες λεκάνες του Β. Κηφισού και του Χαράδρου (ανατολική Ελλάδα). Η ανάλυση, που έγινε από τον κ. Μαμάση, στα δεδομένα εμφάνισης των τύπων ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας και των υψών βροχής που καταγράφηκαν σε 5 σταθμούς των παραπάνω περιοχών, έδειξε ότι η διαφοροποίηση των τύπων κυκλοφορίας μπορεί να οδηγήσει σε έτη που είναι υγρά για τη δυτική περιοχή και ξηρά για την ανατολική ή το αντίστροφο. Συγκεκριμένα, από τα 20 έτη που μελετήθηκαν, σε δύο έτη η βροχόπτωση ήταν αυξημένη κατά 17% στη δυτική περιοχή και μειωμένη κατά 25% στην ανατολική, ενώ σε δύο άλλα έτη η κατάσταση ήταν

ανεστραμμένη, αφού η βροχόπτωση ήταν μειωμένη κατά 15% στη δυτική περιοχή και αυξημένη κατά 15% στην ανατολική (Μαμάσης, 1997).

- ✓ Τέλος, η καταστροφικότητα της ξηρασίας είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων. Η μειωμένη βροχόπτωση θεωρείται καταστροφική όταν δεν μπορεί να καλύψει τις ανθρώπινες ανάγκες και τις ανάγκες του οικοσυστήματος. Κάτι τέτοιο εξαρτάται από την ένταση του φαινομένου, τη διάρκεια, τη γεωγραφική έκταση που επηρεάζει αλλά και από ανθρωπογενείς παράγοντες. Μερικοί από τους σημαντικότερους είναι τα υφιστάμενα έργα υποδομής, η διαχείριση της προσφοράς και της ζήτησης, ο τύπος καλλιεργειών που φύονται σε κάθε περιοχή και ο βαθμός αστικοποίησης.

2.3.4 Μεταβλητότητα της βροχόπτωσης και της ξηρασίας

Η μεταβλητότητα της βροχόπτωσης είναι μια έννοια στενά συνδεδεμένη με την ξηρασία. Συχνά σε άνυδρες ή ημιάνυδρες περιοχές είναι πολύ πιθανό να μη βρέξει για πολλούς μήνες και ένα και μοναδικό ισχυρό επεισόδιο βροχόπτωσης να είναι αρκετό για να καλύψει το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης. Το αν θα εμφανιστεί υδρολογική και γεωργική ξηρασία ως αποτέλεσμα της μετεωρολογικής, εξαρτάται πέραν των κοινωνικών και οικονομικών συνθηκών που προαναφέρθηκαν, και από τα χαρακτηριστικά της βροχόπτωσης που τελικά πραγματοποιείται, της δυνητικής εξατμοδιαπνοής και της γεωμορφολογίας της περιοχής (Μαμάσης, και συν., 2007). Μάλιστα στις ημιάνυδρες περιοχές τα περισσότερα φυτά έχουν προσαρμοστεί στη λειψυδρία έχοντας αναπτύξει βαθύ ριζικό σύστημα, μικρά φύλλα για μειωμένη εξατμοδιαπνοή (π.χ. κάκτοι) και ένα βραχύ κύκλο ζωής που διαρκεί όσο η υγρή περίοδος. Στις τροπικές περιοχές το έδαφος είναι αρκετά παχύ και καλύπτεται από πυκνή βλάστηση ώστε να συγκρατεί το μεγάλης ορμής νερό που απορρέει λόγω των σύντομων αλλά πολύ ισχυρών βροχοπτώσεων. Σε περιοχές κοντά στον Ισημερινό, όπου επικρατεί μια ξηρή περίοδος μεγαλύτερη των 2 μηνών, αν και το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης ξεπερνάει τα 1.000mm, δε συντηρούνται τροπικά δάση τα οποία απαιτούν βροχόπτωση όλο το χρόνο, αλλά φυτρώνει βλάστηση τύπου Σαβάνας (υψηλό σκληρό χορτάρι) μαζί με χαμηλά φυλλοβόλα δέντρα ανθεκτικά σε αυτή τη σύντομη λειψυδρία (Μαμάσης, και συν., 2007). Άρα η ίδια η φύση είναι

αυτή που προνοεί για την αποφυγή φυσικών καταστροφών. Επίσης το κλίμα των ερήμων παρουσιάζει μεταβλητότητα σε χρονική κλίμακα δεκαετιών. Τις δεκαετίες του 1950 και 1960 η βροχόπτωση στην περιοχή Σαχέλ (νότια της ερήμου Σαχάρα) ήταν υψηλότερη από τη μέση τιμή. Αντίθετα τις δεκαετίες 1970 και 1980 ήταν χαμηλότερη (Clarke, et al., 1989).

2.3.5 Παράμετροι εκτίμησης μεγέθους ξηρασίας

Οι παράμετροι που επηρεάζουν την εμφάνιση κάθε μορφής ξηρασίας είναι,

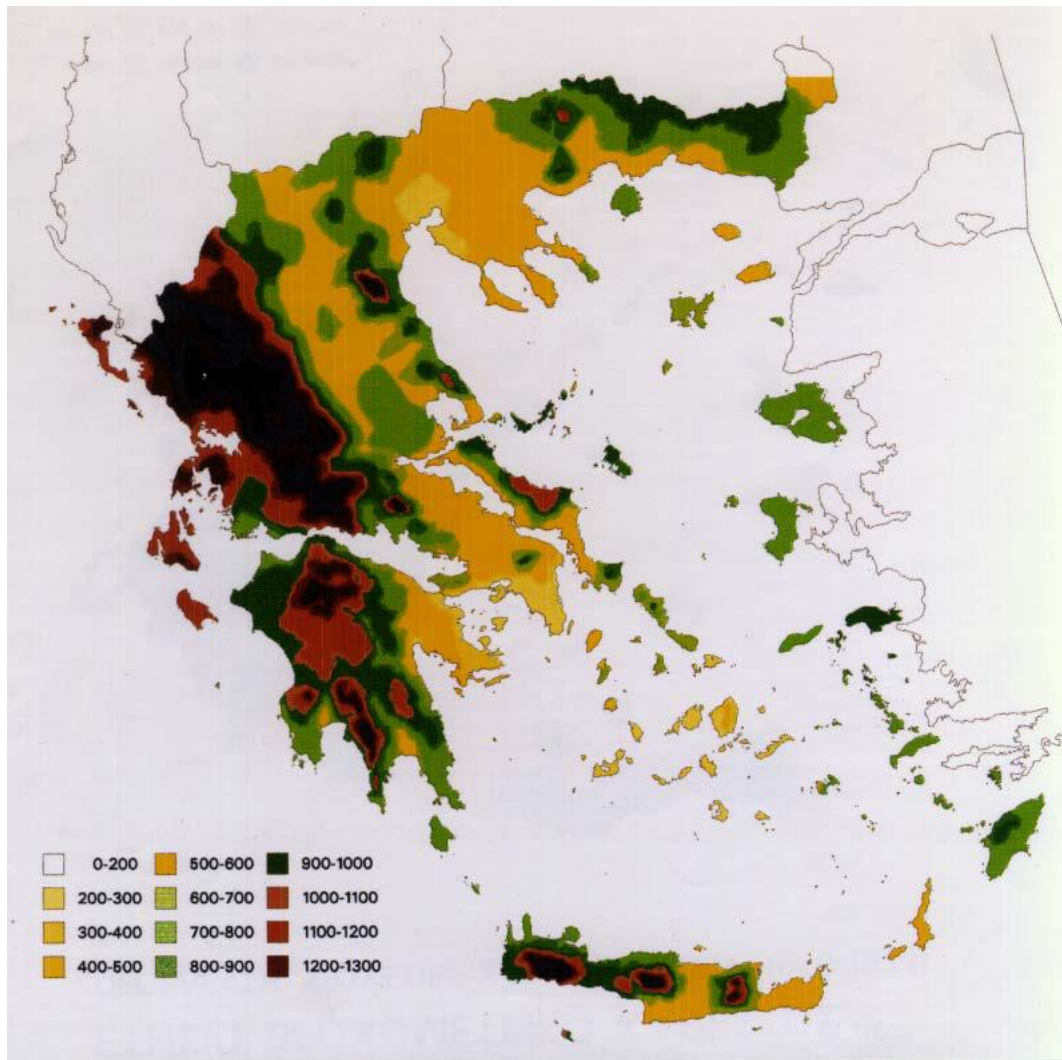
A. Χαρακτηριστικά της βροχόπτωσης που πραγματοποιείται

Το ετήσιο ύψος βροχής και η χρονική και χωρική κατανομή του αποτελούν θεμελιώδη κλιματικά χαρακτηριστικά που διαφέρουν σημαντικά στις διάφορες περιοχές της γης. Με βάση τα ιδιαίτερα αυτά χαρακτηριστικά έχουν κατά κανόνα προσαρμοστεί η τοπική χλωρίδα και πανίδα και διαμορφωθεί οι σχετικές με το νερό ανθρώπινες δραστηριότητες.

Τα μεγαλύτερα ετήσια ύψη βροχής (άνω των 1.500mm) πραγματοποιούνται στις τροπικές περιοχές γύρω από τον ισημερινό, ενώ τα μικρότερα (κάτω των 300mm) στις μεγάλες ερήμους (συνήθως βρίσκονται σε γεωγραφικά πλάτη γύρω στις 30°) και τους πόλους. Στις τροπικές περιοχές η βροχόπτωση παρουσιάζει ισοκατανομή στους μήνες, σε αντίθεση με τις ερήμους, όπου είναι δυνατόν να μην πραγματοποιηθεί βροχή για δύο χρόνια και σε μια ξαφνική νεροποντή να καταγραφεί βροχόπτωση διπλάσια από τη μέση ετήσια τιμή. Στις υπόλοιπες περιοχές της γης, η βροχόπτωση διαφέρει ανάλογα με την εποχή του έτους και συνήθως υπάρχουν μία ή περισσότερες ξηρές περίοδοι μερικών μηνών.

Η χωρική κατανομή της βροχόπτωσης σε μια γεωγραφική περιοχή εξαρτάται από τα κλιματικά και γεωγραφικά χαρακτηριστικά και μπορεί να παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές. Ως παράδειγμα παρουσιάζεται η γεωγραφική κατανομή της ετήσιας βροχόπτωσης στον ελληνικό χώρο (εικόνα 9), περιοχή που κατατάσσεται σε μία κλιματική ζώνη. Η σημαντικότερη παρατήρηση που προκύπτει από την εικόνα είναι ότι η δυτική Ελλάδα είναι πλουσιότερη σε βροχοπτώσεις σε σχέση με την ανατολική.

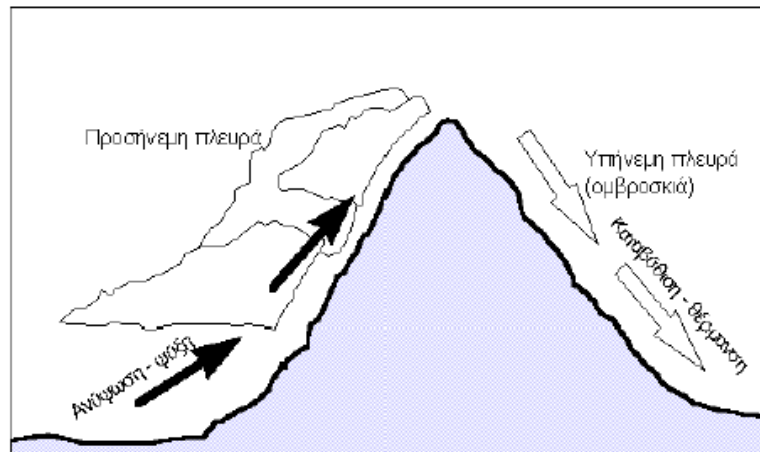
Έτσι, ενώ στη δυτική Ελλάδα η μέση ετήσια βροχόπτωση ξεπερνά τα 1.200mm (και τοπικά τα 1.500mm) στην Αττική και τις Κυκλάδες αυτή φτάνει μόλις τα 400mm. Η διαφοροποίηση στο βροχομετρικό καθεστώς του ελληνικού χώρου οφείλεται στο ότι, πρώτον, η περιοχή βρίσκεται μεταξύ των γεωγραφικών πλατών 30° και 40° Βόρειο όπου η ατμοσφαιρική κυκλοφορία έχει κατεύθυνση από τα δυτικά προς τα ανατολικά και δεύτερον, στην παρουσία της οροσειράς της Πίνδου στο δυτικό μέρος της χώρας με κατεύθυνση Βορρά-Νότο. Αποτέλεσμα του συνδυασμού των δύο παραπάνω παραγόντων είναι ότι οι αέριες μάζες που έρχονται από τα δυτικά συναντούν την οροσειρά της Πίνδου, ανυψώνονται και ενισχύουν τη βροχόπτωση στη δυτική Ελλάδα δημιουργώντας ομβροσκιά² στην ανατολική (εικόνα 10).



Εικόνα 9: Γεωγραφική κατανομή της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης στην Ελλάδα σε mm (ΥΠΑΝ, και συν., 2003)

² Η υπήνεμη πλευρά ενός βουνού που είναι φτωχή σε υετό ονομάζεται ομβροσκιά, ενώ η προσήνεμη πλευρά ομβροπλευρά.

Η μετεωρολογική ξηρασία συναρτάται άμεσα από τα παραπάνω χαρακτηριστικά και είναι προφανές ότι είναι αδύνατον να υπάρξει ποσοτικός ορισμός, αφού οι παράμετροι που εξετάζονται έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά στις διάφορες κλιματικές περιοχές της γης.



Εικόνα 10: Σχηματική απεικόνιση της οροσειράς ως φυσικό εμπόδιο για τον άνεμο (Μαμάσης, και συν., 2000)

B. Χαρακτηριστικά πιθανής εξατμοδιαπνοής

Η πιθανή εξατμοδιαπνοή εξαρτάται από τη θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία και την ταχύτητα του ανέμου. Η διαπνοή μόνη της εξαρτάται από το είδος του φυτού. Η δυνητική εξατμοδιαπνοή αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας και του ανέμου, ενώ μειώνεται με την αύξηση της υγρασίας. Κατά συνέπεια είναι μεγάλη στις θερμές περιοχές, μικρή στις ψυχρές και ιδιαίτερα χαμηλή στις πολικές. Αν σε μια περιοχή το μεγαλύτερο μέρος της βροχόπτωσης παρατηρείται τη θερμή περίοδο, τότε η περιοχή αυτή θα είναι ξηρή εφόσον η εξατμοδιαπνοή κατά τη θερμή περίοδο θα είναι αυξημένη. Το αντίθετο θα συμβεί αν το μεγαλύτερο μέρος της βροχόπτωσης πραγματοποιηθεί κατά την ψυχρή περίοδο. Παράδειγμα η Αθήνα με ετήσιο ύψος βροχόπτωσης μόλις 400mm δε θεωρείται ότι έχει ξηρό κλίμα γιατί το μεγαλύτερο μέρος της βροχόπτωσης πραγματοποιείται την ψυχρή περίοδο και επιτρέπει την ανάπτυξη πολλών ειδών βλάστησης (Μαμάσης, και συν., 2007).

Γ. Υδρολογικά χαρακτηριστικά περιοχής

Τα υδρολογικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής συνίστανται στην ποσότητα της επιφανειακής και υπόγειας απορροής, οι οποίες είναι συνάρτηση των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής, του βαθμού αστικοποίησης και της υπάρχουσας υποδομής για τη συλλογή και μεταφορά του νερού. Ο συντελεστής απορροής μιας περιοχής μπορεί να αυξηθεί λόγω των πυρκαγιών, της αυξημένης οικοδομικής δραστηριότητας ή να μειωθεί λόγω της κατασκευής ταμιευτήρων, έργων επαναφόρτισης υπόγειων υδροφορέων ή αναδάσωσης. Η αύξηση του συντελεστή απορροής μειώνει τα διαθέσιμα αποθέματα στο υδατικό σύστημα και κάνει πιο πιθανή την εμφάνιση υδρολογικής ξηρασίας και μάλιστα πιο γρήγορα αφού μειώνει τη χρονική υστέρηση μεταξύ μετεωρολογικής και υδρολογικής ξηρασίας.

Δ. Διαχείριση υδατικών συστημάτων

Η διαχείριση των υδατικών συστημάτων συνίσταται στην εξισορρόπηση προσφοράς και ζήτησης (Μαμάσης, και συν., 2007). Τα έργα αποθήκευσης νερού έχουν ως στόχο την κάλυψη της ζήτησης και την αποφυγή κοινωνικοοικονομικής ξηρασίας σε περιόδους μειωμένων βροχοπτώσεων. Επίσης τα έργα μεταφοράς νερού έχουν ως στόχο τη μεταφορά νερού από περιοχές όπου η προσφορά υπερβαίνει κατά πολύ τη ζήτηση (π.χ. Αρκτική, ακατοίκητες εκτάσεις, ορεινές περιοχές) σε περιοχές που συμβαίνει το αντίθετο. Επίσης, ιδιαίτερα προσεκτική διαχείριση απαιτείται όταν υπάρχουν ανταγωνιστικές χρήσεις νερού καθώς και στα διακρατικά ποτάμια. Υπάρχουν όμως και περιοχές, όπως για παράδειγμα η πόλη της Αθήνας, όπου η φυσική προσφορά είναι πάντοτε πολύ μικρότερη από τη ζήτηση οπότε και είναι απαραίτητη η μεταφορά νερού από γειτονικά υδατικά συστήματα.

Η διαχείριση των υδατικών συστημάτων προϋποθέτει τη μελέτη του ισοζυγίου μεταξύ της ζήτησης νερού (και των τάσεών της) και της φυσικής προσφοράς υδατικών πόρων (και της αβεβαιότητάς της). Ακόμη, περιλαμβάνει τη μελέτη των οικονομικών παραμέτρων που αφορούν στη λειτουργία του συστήματος (κόστος μεταφοράς νερού) αλλά και τη σχέση των τιμολογίων και της ζήτησης νερού.

Ε. Άλλες παράμετροι

Η κατασκευή υδραυλικών έργων αλλά και η ορθολογική διαχείριση των υδατικών συστημάτων παρέχουν την δυνατότητα προσωρινής αποτροπής της γεωργικής και της υδρολογικής ξηρασίας εφόσον έχει εκδηλωθεί μετεωρολογική ξηρασία. Δεν μπορούν όμως να αποτρέψουν την κοινωνικοοικονομική ξηρασία, η οποία εξαρτάται από ένα πλήθος κοινωνικών, οικονομικών και πολιτικών διαδικασιών. Για παράδειγμα η κατασκευή ταμιευτήρων σε μια χώρα που είναι εξαρτημένη από την υδροηλεκτρική ενέργεια, θα αποσοβήσει την κοινωνικοοικονομική ξηρασία (αδυναμία κάλυψης της ζήτησης ηλεκτρικού ρεύματος) σε μια ξηρή περίοδο.

Από την άλλη, η βέλτιστη διαχείριση ενός υδατικού συστήματος με πολλές και ανταγωνιστικές μεταξύ τους χρήσεις (ύδρευση, άρδευση, ενέργεια, οικολογική παροχή, αναψυχή, ναυσιπλοΐα, συγκράτηση πλημμυρών) μπορεί σε περίοδο ξηρασίας να συμβιβάσει τις διαμάχες που προκύπτουν μεταξύ κοινωνικών ομάδων ή γειτονικών περιοχών για τη χρήση του νερού, όμως, ο ρυθμός αύξησης του πληθυσμού, η κατά κεφαλή κατανάλωση αγαθών, η επιλογή των καλλιεργειών, η μετακίνηση ή μεταφορά πληθυσμών για πολιτικούς λόγους, είναι διαδικασίες που επιδρούν δυναμικά στην εμφάνιση της κοινωνικοοικονομικής ξηρασίας.

Επιπλέον, η υπερίσχυση μιας κοινωνικής ομάδας, που συνδέεται με μια χρήση νερού, έναντι άλλων ομάδων με ανταγωνιστική χρήση ή ακόμη η εισαγωγή νέων χρήσεων ή επαύξηση υφιστάμενων (π.χ. με κατασκευή νέων ταμιευτήρων) από μια χώρα που ελέγχει διακρατικό ποταμό, μπορούν να οδηγήσουν τις ομάδες ή χώρες ανταγωνιστικών χρήσεων σε κοινωνικοοικονομική ξηρασία. Η αδυναμία διαχείρισης των προηγούμενων παραγόντων, πολλές φορές έχει πολλαπλασιάσει το μέγεθος μιας μετεωρολογικής ξηρασίας οδηγώντας στην πείνα και το θάνατο εκατομμύρια ανθρώπους. Ακόμη, μπορεί μελλοντικά να οδηγήσει σε εκτεταμένες κοινωνικές συγκρούσεις ή και πολέμους με αιτία την ανταγωνιστική χρήση συγκεκριμένων υδατικών πόρων.

2.3.6 Αιτίες της ξηρασίας

Η αβεβαιότητα στον ακριβή καθορισμό τόσο του χρονικού διαστήματος διατήρησης του φαινομένου όσο και τα όρια της περιοχής στην οποία εμφανίζεται,

οδηγεί στη δημιουργία πολλών υποθέσεων γύρω από τα αίτια εμφάνισης του φαινομένου της ξηρασίας (Bryant, 1991). Η εμφάνιση της ξηρασίας δεν αποκλείεται να είναι αποτέλεσμα της συνδυασμένης δράσης ορισμένων παραμέτρων ή να μην ευθύνεται καμία από αυτές και να πρόκειται για ένα τυχαίο γεγονός. Οι κύριες θεωρίες που ερμηνεύουν την εμφάνιση κάποιων επεισοδίων ξηρασίας είναι,

- ✓ Αλλαγές στην κυκλοφορία της ατμόσφαιρας
- ✓ Φαινόμενο El – Niño
- ✓ Αστρονομικοί Παράγοντες

2.3.6.1 Αλλαγές στην κυκλοφορία της ατμόσφαιρας

Σύμφωνα με τους Gribbin (1978), Brysson και Murray (1979) και Lamb (1982) η εμφάνιση ξηρασίας είναι αποτέλεσμα μιας γενικής αλλαγής στην κυκλοφορία της ατμόσφαιρας. Πιστεύεται ότι οι μετακινήσεις των κυμάτων Rossby³ (πλανητικά κύματα) είναι υπεύθυνες, τόσο για την πρόκληση μικρής διάρκειας ξηρασίας όσο και για ημιμόνιμες καταστάσεις του κλίματος σε συγκεκριμένες περιοχές του βορείου Ημισφαιρίου. Συγκεκριμένα, οι Bryson και Murray (1977) υποστηρίζουν ότι η ξηρασία στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου αλλά και της βόρειας Αφρικής οφείλεται κατά κύριο λόγο στη θέση των κυμάτων Rossby. Η εξαιρετικής έντασης και καταστροφικότητας ξηρασία, που καταγράφηκε το 1976 στη Μεγάλη Βρετανία, δύναται να ήταν αποτέλεσμα μετακίνησης του πολικού αεροχειμάρρου και του πολικού μετώπου προς τα βόρεια, επιτρέποντας την επέκταση του αντικυκλώνα του Ατλαντικού μέχρι τη Μεγάλη Βρετανία, με αποτέλεσμα την επικράτηση μεγάλης ευστάθειας στην περιοχή και απουσία βροχόπτωσης (Καραμπουρνιώτης, 2012).

Ωστόσο και άλλοι παράγοντες μπορεί να προκαλέσουν αλλαγές στην ατμοσφαιρική κυκλοφορία, μικρότερης βεβαίως σημασίας. Το ισοζύγιο της ακτινοβολίας μπορεί να μεταβληθεί από την εισαγωγή μεγάλης ποσότητας ηφαιστειακής τέφρας ή λεπτόκοκκου κονιορτού από τις ερήμους με άμεσο αποτέλεσμα την υπερθέρμανση των αερίων μαζών και την εμφάνιση του φαινομένου της ξηρασίας στις περιοχές αυτές. Τα φαινόμενα αυτά περιγράφονται και από ιστορικές αναφορές. Τέλος, η

³ Ελικοειδή κύματα μεγάλης κλίμακας στην ανώτερη τροπόσφαιρα που διαδίδονται στα μέσα γεωγραφικά πλάτη. Τα κύματα αυτά ενισχύουν την εμβάθυνση των υφέσεων και την ενδυνάμωση των αντικυκλώνων.

διέλευση των αερίων μαζών πάνω από ψυχρές θαλάσσιες μάζες έχει ως αποτέλεσμα το μη πλήρη εμπλουτισμό αυτών με τα απαραίτητα ποσά υγρασίας οπότε έμμεσα παρατηρείται ελάττωση του υετού στις περιοχές όπου αυτές επηρεάζουν.

2.3.6.2 Το φαινόμενο El – Niño

Η μεγάλη θερμοχωρητικότητα των ωκεανών, σε συνδυασμό με την αέναη ανταλλαγή ενέργειας μεταξύ ατμόσφαιρας και ωκεανών, αποτελούν τους κύριους παράγοντες καθορισμού των κλιμάτων στην επιφάνεια της γης. Η ελάττωση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας, η οποία μπορεί να προκληθεί από την μεταβολή της τροχιάς των θαλάσσιων ρευμάτων, δύναται να προκαλέσει μεταβολή στη συνηθισμένη εμφάνιση των καιρικών φαινομένων σε μια μεγάλη ή μικρή περιοχή στην επιφάνειά του πλανήτη, με αποτέλεσμα να εμφανιστεί ως ένα επιπλέον αίτιο εμφάνισης ξηρασίας. Το φαινόμενο El Niño εμφανίζεται στην περιοχή του Ειρηνικού Ωκεανού. Στο τέλος κάθε ημερολογιακού έτους, εμφανίζεται κατά μήκος των ακτών του Ισημερινού και του Περού, ένα ασθενές, θερμό ωκεάνιο ρεύμα. Ορισμένες χρονιές το ρεύμα αυτό ενισχύεται σημαντικά από απόψεως θέρμανσης και εκτείνεται μέχρι και το κέντρο του Ειρηνικού ωκεανού. Ο χαρακτηρισμός El Niño χρησιμοποιείται μόνο για την περιγραφή των ακραίων επεισοδίων. Η ισχυρή θέρμανση του Ειρηνικού ωκεανού συνδέεται με πλήθος καιρικών ανωμαλιών που παρατηρούνται κατά την διάρκεια αυτών των επεισοδίων.

Υπό φυσιολογικές συνθήκες στο ανατολικό τμήμα του Ειρηνικού σημειώνονται υψηλές πιέσεις, ενώ στο δυτικό τμήμα του Ειρηνικού (Ινδονησία, Αυστραλία) σημειώνονται χαμηλές πιέσεις. Από την άποψη των επιφανειακών ανέμων, στη περιοχή επικρατούν οι αληγείς άνεμοι⁴, οι οποίοι είναι ανατολικής συνιστώσας. Κατά τη διάρκεια, όμως, του φαινομένου El Niño, η βαρομετρική πίεση του ανατολικού Ειρηνικού μειώνεται, ενώ ταυτόχρονα, η πίεση στο δυτικό τμήμα του Ειρηνικού αυξάνεται. Οι επιφανειακοί αληγείς άνεμοι εξασθενούν επιτρέποντας

⁴ Άνεμοι που πνέουν από τις τροπικές ζώνες υψηλής πίεσης προς τις ισημερινές περιοχές χαμηλής πίεσης. Έχουν διεύθυνση ΒΑ στο Β ημισφαίριο και ΝΑ στο νότιο. (Ελληνική Μετεωρολογική Εταιρεία, 1998).

έτσι στα θερμά επιφανειακά νερά να επεκταθούν προς τον ανατολικό Ειρηνικό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση θερμού νερού στον ανατολικό Ειρηνικό, ενώ τα ψυχρά και πλούσια σε τροφή νερά από τα βαθύτερα στρώματα δε μπορούν να αναδυθούν στις παράκτιες περιοχές της Αμερικής και έτσι τα θαλάσσια είδη της περιοχής υποφέρουν από έλλειψη τροφής και οξυγόνου. Αυτό το μοντέλο παλινδρόμησης της ατμοσφαιρικής πίεσης ανάμεσα στο δυτικό και ανατολικό τμήμα του Ειρηνικού, είναι σήμερα γνωστό με τον όρο «Ταλάντωση Νότιας Κύμανσης» [El Niño Southern Oscillation, ENSO]. Οι περιοχές που επηρεάζονται από την ENSO κυκλοφορία, σύμφωνα με τους Bhalme et al. (1983), θεωρούνται περιοχές εμφάνισης ακραίων υδρολογικών φαινομένων και συγκεκριμένα φαινομένων ξηρασίας και πλημμυρών. Τα φαινόμενα ENSO παίζουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία και την ένταση της ξηρασίας και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόγνωση της εμφάνισης του φαινομένου της ξηρασίας.

2.3.6.3 Αστρονομικοί παράγοντες

Επίσης υπάρχουν θεωρήσεις ότι οι ηλιακές κηλίδες και οι σεληνιακοί κύκλοι των 18,6 ετών αποτελούν παράγοντες ρύθμισης της εμφάνισης ξηρασίας ή βροχόπτωσης στον πλανήτη. Η περιοδική εμφάνιση τους αποτελεί μέσο πρόγνωσης της ξηρασίας. Σύμφωνα με τον Currie (Currie, 1981; 1984) έχει διαπιστωθεί σχέση ανάμεσα στους κύκλους των ηλιακών κηλίδων με την κυκλοφορία στην ανώτερη ατμόσφαιρα. Από τη διακύμανση της πολικότητας των ηλιακών κηλίδων στο χρόνο παρατηρείται κύκλος 22 ετών (περιοδικότητα), ο οποίος αποτελείται από δύο 11ετής κύκλους αντίθετης πολικότητας. Τα ελάχιστα της πολικότητας, στη διακύμανση των ηλιακών κηλίδων, αντιστοιχούν σε επεισόδια ξηρασίας, μικρής ή μεγάλης έντασης.

Οι σεληνιακοί κύκλοι των 18,6 ετών αντιπροσωπεύουν τη διακύμανση της τροχιάς της σελήνης, σε σχέση με τον ισημερινό του ηλίου. Η τροχιά της σελήνης δημιουργεί, σε κανονικές συνθήκες, γωνία 5° από τον ισημερινό του ηλίου. Στο τέλος μιας πλήρους περιστροφής, η σελήνη δεν επιστρέφει στην αρχική της θέση αλλά έχει μετατοπιστεί λίγο μακρύτερα στο εσωτερικό της τροχιάς της. Κάθε 9,3 έτη, η τροχιά της σελήνης φτάνει στο υψηλότερο σημείο και τότε η σελήνη βρίσκεται πιο κοντά στον Ισημερινό της Γης, δηλαδή βρίσκεται στη θέση του

ελαχίστου. Με την έλευση των επόμενων 9,3 ετών, η σελήνη επιστρέφει στην αρχική της θέση, κ.ο.κ. Σύμφωνα με τον Currie (1981; 1984) αποδεικνύεται ότι τα μέγιστα των 18,6 ετών, σεληνιακού κύκλου, συνδέονται με την εμφάνιση πλημμυρών ή φαινομένων ξηρασίας σε διάφορες περιοχές. Παρατηρείται λοιπόν ότι υπάρχουν και θεωρήσεις ότι το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) και οι διάφοροι αστρονομικοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν την εμφάνιση φαινομένου ξηρασίας σε ορισμένες περιοχές. Τα φαινόμενα αυτά όμως εκφράζουν μόλις το 15-30% της ολικής διακύμανσης της βροχόπτωσης, οπότε το 70% περίπου της πιθανότητας εμφάνισης ξηρασίας σε κάποια περιοχή οφείλεται σε άλλους κλιματικούς παράγοντες που τελούν ακόμα υπό έρευνα (Bryant, 1991).

2.3.7 Επιπτώσεις ξηρασίας

Οι επιπτώσεις της ξηρασίας παρουσιάζουν σοβαρές κοινωνικοοικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις στις περιοχές στις οποίες εμφανίζονται, αφού οι υπάρχοντες επιφανειακοί και υπόγειοι υδατικοί πόροι βαθμιαία μπορεί να μειώνονται. Οι συνέπειες είναι πιο εμφανείς αρχικά στην ύδρευση νησιών και πόλεων χωρίς ανεπτυγμένο σύγχρονο υδροδοτικό σύστημα, καθώς και στην άρδευση από επιφανειακά και υπόγεια νερά όλων των γεωργικών περιοχών. Επιπλέον, η μείωση των υδατικών πόρων συμβάλλει και στην υποβάθμιση της ποιότητας αυτών με ότι αυτή συνεπάγεται. Ωστόσο, οι δυσμενείς επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον γίνονται εκτός από σοβαρές και επικίνδυνες μιας και αυξάνεται η πιθανότητα δασικών πυρκαγιών. Επιπλέον προκαλείται ξήρανση και προσβολή πολλών δασικών ειδών από ασθένειες και έντομα, υποβάθμιση των βιοτόπων της άγριας πανίδας, μείωση του πληθυσμού της ιχθυοπανίδας στα υδατορεύματα, ρύπανση της ατμόσφαιρας, αισθητική υποβάθμιση των τοπίων κ.λπ.

Από τη διεθνή βιβλιογραφία προκύπτει λοιπόν ότι, η ξηρασία συμβάλει σε σημαντικές απώλειες των γεωργικών καλλιεργειών (Karl, et al., 1982) ; (Austin, et al., 1998), καταστροφές στα φυσικά οικοσυστήματα (Kogan, 1995) ; (Kogan, 1997), αύξηση στον κίνδυνο εμφάνισης δασικών πυρκαγιών (Orwing, et al., 1997) ; (Adams, et al., 1998) ; (Pausas, 2004) υποβάθμιση του εδάφους και ερημοποίηση (Glantz, 1994) ; (Bruins, et al., 1998) ; (Nicholson, et al., 1998). Επίσης, μπορούν να προκαλέσουν κοινωνική ανησυχία (Morelas, et al., 2000), υποσιτισμό και πτώχευση

(Garcia, 1984) ; (Kanti, 1998). Λόγω της αυξανόμενης ερημοποίησης (Mabbutt, 1985) ; (Le Houerou, et al., 1993) ; (Geist, et al., 2004) η ικανότητα υπολογισμού των συνεπειών της ξηρασίας είναι ζωτικής σημασίας. Στα πλαίσια της λεγόμενης πραγματοποιούμενης κλιματικής αλλαγής έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες ξηρασίας (Byun, et al., 1999) και έχει δοθεί προτεραιότητα στην ανάπτυξη σχεδίων παρακολούθησης ξηρασίας (Drought Monitoring Plans) σε πολλές από αυτές (Wilhite, 1997) ; (Svoboda, et al., 2002). Οι επιπτώσεις των φαινομένων ξηρασίας ποικίλουν ως προς τη σοβαρότητά τους, τη διάρκειά τους και τη χωρική τους έκταση. Αντίθετα με τις πλημμύρες, η εκτίμηση των οικονομικών επιπτώσεών τους είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη, καθόσον οι συνέπειες μιας ξηρασίας μπορούν να εμφανιστούν πολλά χρόνια μετά τον τερματισμό του φαινομένου (Μιμίκου, και συν., 2004). Παρόλο που είναι κοινά αποδεκτός ο κίνδυνος από τις ξηρασίες, δεν υπάρχει Ευρωπαϊκή Οδηγία μέχρι σήμερα για την αντιμετώπιση καταστάσεων εκτάκτου ανάγκης λόγω φαινομένων ξηρασίας (όπως υπάρχει οδηγία για την αντιμετώπιση των πλημμυρών). Κατά συνέπεια, ο ορθολογικός τρόπος διαχείρισης του ακραίου υδρολογικού φαινομένου της ξηρασίας πρέπει να προηγείται της εμφάνισης και συνεπώς αντιμετώπισης πλέον των επιπτώσεων της πριν την επικράτησή της, αφού αυτός είναι και ο προτεινόμενος ορθολογικός τρόπος διαχείρισης ενός ακραίου φαινομένου (Μπαλούτσος, και συν., 2006). Η παράγραφος αυτή συνδέεται άρρηκτα με την παράγραφο που ακολουθεί και αφορά στη διαχείριση του φαινομένου της ξηρασίας.

2.3.8 Διαχείριση ξηρασίας

Έχει καταστεί σαφές πλέον ότι τόσο η ξηρασία όσο και η λειψυδρία είναι διεπιστημονικά φαινόμενα κατά το στάδιο μελέτης και τεχνικού τους προσδιορισμού, ωστόσο αποτελούν και υπόθεση ευθύνης όχι μόνο για τους φορείς διαχείρισης των υδάτινων πόρων, αλλά και για πολλούς ακόμα φορείς που άπτονται των συνεπειών που μπορεί να προκαλέσουν τα φαινόμενα αυτά. Η ξηρασία έχει άμεσες επιπτώσεις στον κοινωνικό αντίκτυπο, αλλά και σε οικονομικούς τομείς που χρησιμοποιούν το νερό και εξαρτώνται από αυτό, όπως στη γεωργία, τον τουρισμό, τη βιομηχανία, την ενέργεια και τις μεταφορές. Από την πλευρά του τομέα της ενέργειας που προαναφέρθηκε, η υδροηλεκτρική ενέργεια, η

οποία αποτελεί φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, εξαρτάται απόλυτα από τους υδατικούς πόρους. Η ξηρασία έχει ευρύτερες επιπτώσεις στους φυσικούς πόρους εν γένει, μέσω των αρνητικών «παρενεργειών» στην βιοποικιλότητα, την ποιότητα του νερού, την αύξηση των κινδύνων δασικών πυρκαγιών και την υποβάθμιση του εδάφους. Η εκδήλωση της ξηρασίας εξαρτάται από την αλληλεπίδραση ενός φυσικού φαινομένου με τη διαχείριση των υδατικών πόρων ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες σε νερό. Η διαχείριση αυτή περιλαμβάνει τρία κύρια στάδια (Turton, et al., 1999) που σχετίζονται με το ισοζύγιο φυσικής προσφοράς και ζήτησης του νερού.

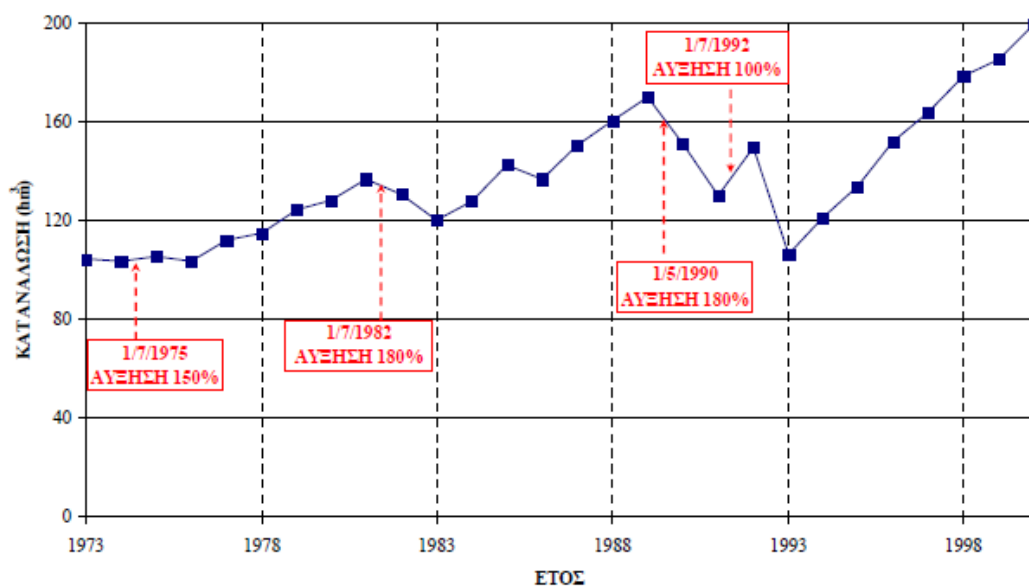
- ✓ Στο πρώτο στάδιο η φυσική προσφορά υπερβαίνει κατά πολύ τη ζήτηση (αφθονία νερού) και η διαχείριση περιορίζεται στη διανομή των υδατικών πόρων.
- ✓ Στο δεύτερο στάδιο η φυσική προσφορά είναι μικρότερη από τη ζήτηση (σπανιότητα νερού) και είναι απαραίτητη η αύξηση της φυσικής προσφοράς νερού με τεχνικά έργα.
- ✓ Στο τρίτο στάδιο η φυσική προσφορά παραμένει μικρότερη από τη ζήτηση (έλλειμμα νερού), παρά τα συμβατικά τεχνικά έργα. Σε αυτό το στάδιο αναπόφευκτα η προσπάθεια στρέφεται στον έλεγχο της ζήτησης και την ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων, εφόσον η εναλλακτική λύση είναι η κατασκευή εξαιρετικά ακριβών ή εξεζητημένων τεχνικών έργων.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, οι κύριοι στόχοι της διαχείρισης είναι η αύξηση του διαθέσιμου νερού, η μείωση των υδατικών αναγκών και η βέλτιστη λειτουργία των υδατικών συστημάτων (ως προς τις φυσικές, και κυρίως, τις τεχνητές συνιστώσες τους).

- ✓ **Η αύξηση του διαθέσιμου νερού** συνήθως γίνεται με την κατασκευή έργων άντλησης υπόγειων υδροφορέων, ταμίευσης επιφανειακών υδάτων (ώστε να είναι διαθέσιμα τις ξηρές περιόδους) και μεταφοράς νερού από γειτονικές περιοχές. Εναλλακτικά, υπάρχουν οι τεχνικές της αφαλάτωσης θαλάσσιου ή υφάλμυρου νερού και της τροποποίησης καιρού (τεχνητή βροχή). Όμως, η αφαλάτωση έχει σχετικά μεγάλο κόστος, ενώ η τεχνητή

βροχή έχει αμφίβολα αποτελέσματα και έτσι οι τεχνικές αυτές χρησιμοποιούνται μόνο σε συγκεκριμένες περιστάσεις.

- ✓ **Η μείωση των υδατικών αναγκών** στα περισσότερα υδατικά συστήματα αφορά στην περισσότερο αποδοτική χρήση του νερού που χρησιμοποιείται για άρδευση και ύδρευση, τις κυρίαρχες δηλαδή καταναλωτικές χρήσεις του νερού. Οι ανάγκες άρδευσης εξαρτώνται από το είδος των καλλιεργειών, το είδος και την κατάσταση των αρδευτικών δικτύων και τις απώλειες των υδραγωγείων. Η μείωση του αρδευτικού νερού μπορεί να επιτευχθεί με την ανακατανομή των καλλιεργειών, την εφαρμογή οικονομικότερων σε νερό αρδευτικών δικτύων και τη συντήρηση των έργων μεταφοράς και διανομής νερού. Οι ανάγκες ύδρευσης εξαρτώνται από τη διακύμανση της οικιακής χρήσης, το βαθμό ανάπτυξης των άλλων χρήσεων νερού (βιομηχανικές, δημόσιες, δημοτικές κ.λπ.), τα έκτακτα περιστατικά, τις απώλειες των δικτύων μεταφοράς στα διυλιστήρια και στα δίκτυα διανομής μέσα στις πόλεις. Η οικιακή χρήση, που είναι η κυριότερη, καθορίζεται από τον υδρευόμενο πληθυσμό συμπεριλαμβανομένων των τουριστών και των μεταναστών, και το βιοτικό επίπεδο που επιδρά στην κατά κεφαλή κατανάλωση. Η μείωση του υδρευτικού νερού μπορεί να επιτευχθεί με την μείωση της κατά κεφαλή κατανάλωσης και την επισκευή των δικτύων. Η κατά κεφαλή κατανάλωση εξαρτάται σημαντικά από τα πολιτισμικά και οικονομικά χαρακτηριστικά των χρηστών αλλά στα σύγχρονα υδρευτικά συστήματα, όπου υπάρχει εύκολη πρόσβαση στο νερό, εμπεριέχει και μια σημαντική συνιστώσα που σχετίζεται την αλόγιστη χρήση που θα μπορούσε να είχε αποφευχθεί χωρίς να αλλάξει το βιοτικό επίπεδο του χρήστη. Έτσι η συνήθης πολιτική που ακολουθείται για τη μείωση της κατά κεφαλή κατανάλωσης είναι η ενημερωτική εκστρατεία για την αποτελεσματική χρήση του νερού και η αύξηση της τιμής του. Στην εικόνα 11 παρουσιάζεται η επίδραση που είχε η πολιτική τιμολόγησης του νερού στην κατανάλωση νερού της Αθήνας κατά την περίοδο 1975 – 2000.



Εικόνα 11: Επίδραση της τιμής του νερού στην κατανάλωση της πόλης της Αθήνας περιόδου 1975 - 2000 (Κουτσογιάννης, και συν., 2002)

- ✓ **Η βέλτιστη λειτουργία των υδατικών συστημάτων** προϋποθέτει τη μελέτη ορθολογικών, αποδοτικών και βιώσιμων τρόπων και μεθοδολογιών λειτουργίας με στόχο την ποσοτικά αξιόπιστη, ποιοτικά και περιβαλλοντικά ασφαλή, και οικονομικά πρόσφορη κάλυψη της ζήτησης, μέσω της κατάλληλης αξιοποίησης των υδατικών πόρων που διατίθενται για την κάλυψη της ζήτησης αυτής. Ειδικότερα για τη μελέτη των πολύπλοκων συστημάτων είναι απαραίτητη η χρήση εργαλείων πληροφορικής μέσω των οποίων προσδιορίζονται τα σημεία προσφοράς και ζήτησης νερού και πραγματοποιείται η μαθηματική προσομοίωση του υδατικού συστήματος. Οι αναζητούμενοι τρόποι διαχείρισης θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από ορθολογικότητα (δηλαδή να είναι επιστημονικά θεμελιωμένοι), αποδοτικότητα (δηλαδή να αξιοποιούν τους υδατικούς πόρους στο μέγιστο δυνατό βαθμό), και βιωσιμότητα (δηλαδή να μη δημιουργούν πρόβλημα εξάντλησης των υδατικών πόρων στο μέλλον για την κάλυψη των αναγκών του σήμερα). Το αποτέλεσμα της βέλτιστης λειτουργίας είναι η κάλυψη της ζήτησης να γίνεται με αξιοπιστία (μείωση της πιθανότητας μη κάλυψης της ζήτησης νερού σε αποδεκτά επίπεδα), με νερό ασφαλούς ποιότητας, με μεθόδους που δε δημιουργούν προβλήματα στο περιβάλλον (οικοσυστήματα) και με οικονομικά πρόσφορο τρόπο (Κουτσογιάννης, και

συν., 2002). Ειδικότερα η έννοια της αξιοπιστίας αναφέρεται πρωτίστως στη μείωση της αβεβαιότητας που προκαλεί η μεταβλητότητα της φυσικής προσφοράς υδατικών πόρων (ξηρασίες), αλλά περιλαμβάνει και άλλες πηγές αβεβαιότητας, όπως τα δυσμενή έκτακτα περιστατικά (βλάβες) στα έργα του συστήματος (Μαμάσης, και συν., 2007).

Μια διορθωτική προσέγγιση βασίζεται στην εφαρμογή μέτρων και δράσεων μετά την εκκίνηση και την αντίληψη του φαινομένου της ξηρασίας. Η προσέγγιση αυτή λαμβάνεται σε καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης. Συχνά έχει ως αποτέλεσμα αναποτελεσματικές τεχνικές και αντιοικονομικές λύσεις, καθώς οι δράσεις λαμβάνονται μέσα σε λίγο χρόνο για την εκτίμηση των βέλτιστων δράσεων και η συμμετοχή των άμεσα ενδιαφερόμενων είναι πολύ περιορισμένη.

Μια προληπτική προσέγγιση περιλαμβάνει τον έγκαιρο σχεδιασμό των μέτρων, με τα κατάλληλα εργαλεία σχεδιασμού και τη συμμετοχή των άμεσα ενδιαφερομένων. Η προληπτική προσέγγιση βασίζεται τόσο στα βραχυπρόθεσμα όσο και στα μακροπρόθεσμα μέτρα και περιλαμβάνει τη συνεχή παρακολούθηση και καταγραφή των συστημάτων για μια έγκαιρη προειδοποίηση των συνθηκών ξηρασίας. Μπορεί να θεωρηθεί ως μια προσέγγιση για «τη διαχείριση της επικινδυνότητας». Μια προληπτική προσέγγιση έγκειται στον έγκαιρο σχεδιασμό των απαραίτητων μέτρων για την πρόληψη ή την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων της ξηρασίας. Μια τέτοια προσέγγιση περιλαμβάνει ετοιμότητα στα εργαλεία σχεδιασμού, ώστε να αποφευχθούν ή να μειωθούν οι συνέπειες μιας δύσκολης κατάστασης, και την εφαρμογή αυτών σε περίπτωση ξηρασίας. Η προληπτική προσέγγιση προβλέπει τη συνεχή καταγραφή των υδρομετεωρολογικών μεταβλητών και της κατάστασης των υδατικών αποθεμάτων, ώστε να αναγνωριστούν πιθανές καταστάσεις κρίσης και να εφαρμοστούν τα απαραίτητα μέτρα πριν εμφανιστεί πραγματική ανάγκη σε νερό. Εν τούτοις, αν δεν είναι δυνατό να αποφευχθεί μια υδατική κρίση που εμφανίζεται ως φυσική δημόσια καταστροφή (μετά την κυβερνητική ανακοίνωση), το Σχέδιο Απρόοπτης Ξηρασίας (Σ.Α.Ξ.) υλοποιείται μέχρι την επαναφορά σε κανονικές συνθήκες. Είναι προφανές ότι μια προληπτική προσέγγιση, ακόμα κι αν είναι περίπλοκη, είναι πιο αποτελεσματική από την παραδοσιακή προσέγγιση, καθώς επιτρέπει τον

προσδιορισμό εκ των προτέρων μέτρων περιορισμού (τόσο μακροπρόθεσμα όσο και βραχυπρόθεσμα), βελτιώνοντας την ποιότητα των παρεμβάσεων. Οι ξηρασίες θεωρούνται πλέον κανονικά χαρακτηριστικά της διακύμανσης του κλίματος. Επομένως ανεξάρτητα από τις θεωρήσεις περί αλλαγής του ή όχι από ανθρωπογενείς επιδράσεις, ξηρασίες θα εμφανιστούν αναπόφευκτα. Στην Ελλάδα μετά τις ισχυρές ξηρασίες του 1989-93 και του 2001-2002, έχουν πραγματοποιηθεί πολλές ενέργειες διαχείρισης του νερού ώστε να αποτραπούν μελλοντικές αρνητικές επιπτώσεις. Ωστόσο ο σχεδιασμός αντιμετώπισης των επιπτώσεων ενός τέτοιου φαινομένου πρέπει να είναι διαρκής και να πραγματοποιείται από διεπιστημονική ομάδα ειδικών με ολιστική προοπτική αφού η ξηρασία είναι η συνισταμένη των αποτελεσμάτων της διατάραξης των μετεωρολογικών, υδρολογικών, αγροτικών και κοινωνικό-οικονομικών συνθηκών μιας περιοχής. Παρακάτω παρουσιάζονται περιληπτικά μέθοδοι για την ορθολογική διαχείριση του ακραίου φαινομένου της ξηρασίας.

2.3.8.1 Διαχείριση της κρίσης της ξηρασίας

Στην περίπτωση διαχείρισης της κρίσης της ξηρασίας, η αντιμετώπιση των δυσμενών της επιπτώσεων επιχειρείται συχνά με κατασταλτικά κυρίως μέτρα που λαμβάνονται αμέσως μετά την εκδήλωση του φαινομένου. Τέτοιου είδους μέτρα αφορούν αρχικά στην αύξηση της προσφοράς νερού και στη μείωση της ζήτησης του, ενώ δεν αποκλείουν και την αποζημίωση των πληγέντων όπου και όποτε είναι αυτό εφικτό. Τα προαναφερθέντα μέτρα διαρκούν τόσο όσο και η ξηρασία, ενώ τα αποτελέσματά τους κατά κανόνα δεν κρίνονται ικανοποιητικά ούτε για τους πληγέντες, αλλά ούτε και για τους φορείς διαχείρισης. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στην έλλειψη υποδομής και αντοχής των συστημάτων που πλήττονται από την ξηρασία, αλλά και στην ανετοιμότητα των διαχειριστών των φυσικών πόρων και των υδατικών συστημάτων να εκτιμήσουν εγκαίρως την ένταση, την διάρκεια και την περιοχή επικράτησης της ξηρασίας. Κατά το στάδιο διαχείρισης της κρίσης της ξηρασίας αρκετά από τα μέτρα και έργα που προτείνονται από τους αρμόδιους φορείς κατά τη διάρκεια του φαινομένου, εγκαταλείπονται ημιτελή ή δεν κατασκευάζονται καθόλου μόλις αρχίσουν οι βροχοπτώσεις και μετριάσουν οι άμεσες εμφανείς επιπτώσεις της ξηρασίας. Βέβαια αυτές οι επιπτώσεις δεν αργούν

να επανέλθουν μέχρι την εμφάνιση νέας ξηρασίας η οποία δύναται να παρουσιάσει ακόμα πιο δυσμενείς επιπτώσεις. Ο φαύλος αυτός κύκλος “διαχείρισης” της ξηρασίας απεικονίζεται με τον υδρο-παράλογο κύκλο της ξηρασίας (Τσακίρης, 1995) στην εικόνα που ακολουθεί και αποδεικνύει τον κίνδυνο που ενέχει η ξηρασία λόγω της λανθασμένης σύνδεσης της (λήξης της) με ένα επεισόδιο βροχοπτώσης.



Εικόνα 12: Ο «υδρο-παράλογος» κύκλος της ξηρασίας
(Τσακίρης, 1995)

2.3.8.2 Διαχείριση του κινδύνου εκδήλωσης ξηρασίας (*risk management*)

Η αναποτελεσματικότητα των μεθόδων διαχείρισης «της κρίσης της ξηρασίας» οδηγεί αναπόφευκτα στην λήψη μέτρων και πολιτικών για την διάσπαση του ‘υδρο-παράλογου’ κύκλου της και στην προσαρμογή του σε μέτρα, έργα και πολιτικές που αφορούν στο σχεδιασμό του κινδύνου εκδήλωσης ξηρασίας σε μια περιοχή, παρά στη διαχείριση αυτής κατά την επικράτηση. Η πραγματοποίηση σχεδιασμού και η σύνταξη εθνικού σχεδίου και γενικότερα η χάραξη εθνικής πολιτικής και στρατηγικής αντιμετώπισης των φαινομένων ξηρασίας θεωρείται ενέργεια άμεσης προτεραιότητας. Συγκεκριμένα, ως σχέδια αντιμετώπισης των φαινομένων αυτών ορίζονται οι ενέργειες και τα μέτρα εκείνα που λαμβάνονται εκ των προτέρων από τα κέντρα λήψης των αποφάσεων, τη βιομηχανία αλλά και από τους πολίτες μιας χώρας, για τη μείωση των δυσμενών τους επιπτώσεων. Οι μέθοδοι σύνταξης και εφαρμογής τέτοιων σχεδίων διαφέρουν από χώρα σε χώρα λόγω των διαφορετικών

κλιματικών χαρακτηριστικών, την οικονομία, την κοινωνική δομή, τους φυσικούς πόρους κλπ. Σε γενικές γραμμές όμως ένα εθνικό σχέδιο αντιμετώπισης ξηρασίας επιβάλλεται να περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια,

1. Τη συγκρότηση Τακτικής Επιτροπής από διεπιστημονική ομάδα ειδικών στις ξηρασίες για την επίβλεψη και το συντονισμό του σχεδίου, καθώς και το συντονισμό της πολιτικής μετά τη σύνταξη του σχεδίου και κατά τη διάρκεια εμφάνισης φαινομένων ξηρασίας.
2. Τη χάραξη πολιτικής για τις ξηρασίες και τον καθορισμό των αντικειμενικών στόχων του σχεδίου.
3. Την επίλυση των αντιπαραθέσεων μεταξύ ομάδων με περιβαλλοντικά και οικονομικά συμφέροντα.
4. Την καταγραφή των φυσικών πόρων, του ανθρώπινου δυναμικού και των οικονομικών και νομικών περιορισμών εφαρμογής του σχεδίου.
5. Τη σύνταξη των μεθόδων μείωσης των επιπτώσεων των φαινομένων ξηρασίας.
6. Τον καθορισμό θεμάτων για έρευνα.
7. Το συντονισμό νομοθετικών και πολιτικών θεμάτων.
8. Την εφαρμογή του σχεδίου ξηρασίας.
9. Τη σύνταξη προγραμμάτων εκπαίδευσης των πολιτών σχετικά με την αντιμετώπιση των φαινομένων ξηρασίας.
10. Την καθιέρωση διαδικασιών αξιολόγησης του σχεδίου.

Παρά την αναγκαιότητα όσο και την χρησιμότητά του, η αποδοχή ενός τέτοιου σχεδίου προσκρούει σε σημαντικό αριθμό δυσκολιών και κυρίως,

- ✓ Στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων των φαινομένων ξηρασίας για μακρύ χρονικό διάστημα με περιστασιακά μέτρα ή μέτρα διαχείρισης της κρίσης.
- ✓ Στην αβεβαιότητα που επικρατεί ως προς το χρόνο εμφάνισης, αλλά και ως προς τα χαρακτηριστικά των μελλοντικών φαινομένων ξηρασίας.
- ✓ Στην έλλειψη ενδιαφέροντος από τις κυβερνήσεις, τους πολίτες και τα ΜΜΕ για φαινόμενα που θα συμβούν στο μέλλον και
- ✓ Στην πιθανή παρανόηση των επιστημονικών απόψεων για τις ξηρασίες από τα κέντρα λήψης των αποφάσεων ή τα ΜΜΕ.

Οι παραπάνω δυσκολίες αποδοχής και σύνταξης ενός τέτοιου σχεδίου μπορούν να παρακαμφθούν αν ληφθεί υπόψη πως οι ξηρασίες πλήττουν το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού από κάθε άλλη φυσική καταστροφή, οι επιπτώσεις τους θα είναι δυσμενέστερες στο μέλλον, το κόστος μείωσης αυτών είναι πολύ μεγαλύτερο από τη σύνταξη και λειτουργία του σχεδίου διαχείρισης και επιπλέον υπάρχει όλη η βασική υποδομή και το επιστημονικό δυναμικό στην Ελλάδα για τη σύνταξή του. Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα ενσωμάτωσης ενός τέτοιου σχεδίου στο υπάρχον σχέδιο αντιμετώπισης των φυσικών καταστροφών ή σε ένα ευρύ σχέδιο διαχείρισης των υδατικών πόρων. Ακόμα υπενθυμίζεται πως η προστασία όχι μόνο από ξηρασίες αλλά και από κάθε άλλη φυσική καταστροφή, είναι όχι μόνο ανάγκη και αίτημα των πολιτών της χώρας μας, αλλά και ηθική υποχρέωση της κάθε κυβέρνησης και των αρμόδιων φορέων της. Τέλος, προστίθεται πως η αντοχή μιας χώρας στους κινδύνους από φυσικές καταστροφές αποτελεί τον καθρέπτη οργάνωσης και ανάπτυξης αυτής (Μπαλούτσος, και συν., 2006).

Όμως η ξηρασία είναι ένα αναπόφευκτο φαινόμενο και για αυτό δεν θα πρέπει να αντιμετωπίζεται μόνο με τη λήψη έκτακτων μέτρων (ως αιφνίδια φυσική καταστροφή), αλλά με προληπτικά μέτρα όπως η κατασκευή έργων και η ορθή διαχείριση των διαθέσιμων υδατικών πόρων. Η ξηρασία διαφέρει από τις άλλες φυσικές καταστροφές σε τρία βασικά σημεία.

- ✓ Πλήττει πολύ περισσότερους ανθρώπους από κάθε άλλη φυσική καταστροφή. Μόνο κατά τον 20^ο αιώνα υπήρξαν εκατομμύρια νεκροί ως συνέπεια δεκάδων μεγάλων φαινομένων ξηρασίας που συνέβησαν στην Ασία και την Αφρική.
- ✓ Είναι φαινόμενο που εξελίσσεται σιωπηλά και είναι δύσκολο να προσδιοριστεί η αρχή και το τέλος του. Ο επιδράσεις του συσσωρεύονται αργά μέσα σε μεγάλο χρονικό διάστημα και μπορεί να παραμείνουν για αρκετά χρόνια μετά τη λήξη του. Για το λόγο αυτό και δεδομένης της απουσίας διεθνώς αναγνωρισμένου ορισμού, συνήθως προκαλείται σύγχυση μέχρι να προσδιοριστεί η ξηρασία και η έντασή της.

- ✓ Οι κοινωνικές επιδράσεις είναι λιγότερο ορατές και εκτείνονται σε πολύ μεγαλύτερες γεωγραφικές περιοχές απ' ό τι οι άλλες φυσικές καταστροφές (πλημμύρες, σεισμοί).

Δεδομένου ότι η ξηρασία σπάνια καταλήγει σε καταστροφή των υποδομών, είναι πολύ πιο δύσκολη η ποσοτικοποίηση των επιδράσεών της και η πρόβλεψη αρωγής στους πληγέντες (Μαμάσης, και συν., 2007).

2.3.9 Ευάλωτες στην ξηρασία περιοχές του πλανήτη

Στον πλανήτη υπάρχουν κάποιες περιοχές που ανάλογα με την ατμοσφαιρική τους κυκλοφορία, μπορούν να θεωρηθούν ως οι πλέον ευάλωτες σε φαινόμενα ξηρασίας. Τέτοιες περιοχές είναι:

- ✓ Οι υποτροπικές περιοχές υψηλής ατμοσφαιρικής πίεσης (κοντά στους τροπικούς του Καρκίνου και του Αιγόκερω) αναμένεται να έχουν χαμηλές βροχοπτώσεις επειδή ο αέρας θερμαίνεται και στερείται υγρασίας. Τέτοιες περιοχές είναι η Αραβική έρημος και η Σαχάρα.
- ✓ Ημι-ηπειρωτικές περιοχές (π.χ. η έρημος Γκόμπι) έχουν χαμηλές βροχοπτώσεις εξαιτίας της απόστασής τους από τον υγρό θαλασσινό αέρα.
- ✓ Έρημοι κοντά σε ακτές, όπως η Καλαχάρι, σχηματίζονται όταν τα υπάρχοντα ηπειρωτικά ρεύματα μεταφέρουν ξηρό άνεμο πάνω από τις ακτές. Έτσι οι άνεμοι των ακτών είναι λιγότερο υγροί από το αναμενόμενο καθώς τα ηπειρωτικά ρεύματα κυριαρχούν έναντι των θαλασσινών. Κάτι τέτοιο μπορεί να συμβεί στις ανατολικές ακτές των ηπείρων (αν οι άνεμοι που πνέουν εκεί είναι δυτικοί) αλλά το φαινόμενο απαντάται συχνότερα στις δυτικές ακτές όπου οι ανατολικοί άνεμοι κουβαλούν ξηρό αέρα.
- ✓ Έρημοι που βρίσκονται στην υπήνεμη πλευρά μιας οροσειράς, όπως η έρημος Ατακάμα στη Ν. Αμερική. Το μεγαλύτερο μέρος της υγρασίας μετατρέπεται σε βροχή στην προσήνεμη πλευρά της οροσειράς, έτσι ο αέρας κατέρχεται ξηρός στις υπήνεμες πλαγιές (Frampton, et al., 1996).

Στις παραπάνω περιοχές, αν και χαρακτηρίζονται ως ευάλωτες στην ξηρασία, η μειωμένη βροχόπτωση δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως φυσική καταστροφή, επειδή οι εγχώριοι πληθυσμοί είναι προσαρμοσμένοι σε αυτήν και δεν την

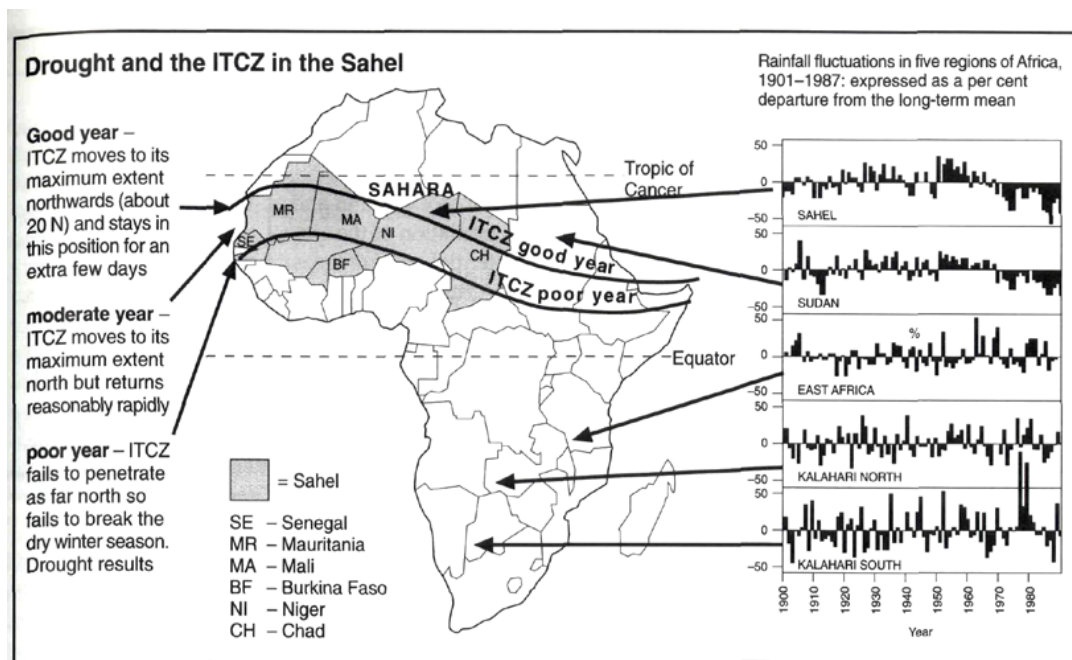
αντιμετωπίζουν ως έκτακτο περιστατικό. Η μεγαλύτερη απειλή υφίσταται σε ημιάνυδρες περιοχές, όπου η βροχόπτωση παρουσιάζει μεταβλητότητα σε μεγάλες χρονικές κλίμακες και κατά συνέπεια η ξηρασία μπορεί να εκδηλωθεί ανά πάσα στιγμή.

2.3.10 Ανασκόπηση μεγάλων φαινομένων ξηρασίας στον Κόσμο και την Ελλάδα

2.3.10.1 Η μεγάλη ξηρασία στην περιοχή Σαχέλ

Η περιοχή Σαχέλ της Αφρικής βρίσκεται νότια της Σαχάρας, αποτελείται από 10 εθνότητες και χαρακτηρίζεται ως ημιάνυδρη. Έχει καταγραφεί στην ιστορία ως παράδειγμα περιοχής που έχει ζήσει πολλές και καταστροφικές ξηρασίες. Κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα η περιοχή γνώρισε ξηρασίες τις περιόδους 1910-1914, 1940-1944 και πιο πρόσφατα την περίοδο 1968-1973 (Clarke, et al., 1989). Η τελευταία αυτή ξηρασία είχε ως αποτέλεσμα το θάνατο πολλών εκατοντάδων χιλιάδων ανθρώπων. Κάτι τέτοιο προκαλεί έκπληξη, διότι θα περίμενε κανείς ότι οι ντόπιοι πληθυσμοί έχουν αναπτύξει ένα βαθμό προσαρμογής και μπορούν να αντιμετωπίσουν το φαινόμενο με μειωμένες απώλειες. Κυρίαρχο ρόλο στα παραπάνω επεισόδια ξηρασίας έπαιξε η μεταβλητότητα της βροχόπτωσης στην περιοχή σε μεγάλες χρονικές κλίμακες (Frampton, et al., 1996). Απόδειξη αποτελεί το ότι η μέση ετήσια βροχόπτωση ποικίλει από 100 έως 400mm. Η καλλιέργεια βοσκότοπων και οι τεχνικές ξηρών καλλιεργειών μπορούν να αξιοποιήσουν τη χαμηλή βροχόπτωση, αλλά η χρονική κατανομή της αποτελεί πρόβλημα.

Οι βροχοπτώσεις στα τροπικά δάση παράγονται στην ενδοτροπική ζώνη σύγκλισης (Intertropical Convergence Zone-INCZ) κατά μήκος του Ισημερινού (εικόνα 13). Η ζώνη αυτή μετακινείται βόρεια τον Ιούνιο και για ένα μικρό χρονικό διάστημα τον Ιούνιο και τον Ιούλιο στην περιοχή του Σαχέλ επικρατούν τροπικές βροχοπτώσεις. Μέχρι το Σεπτέμβριο η ITCZ έχει μεταφερθεί πίσω στον Ισημερινό, ενώ μέχρι τον Ιανουάριο τη βρίσκουμε στο νότιο ημισφαίριο.



Εικόνα 13: Οι μετακινήσεις της ενδοτροπικής ζώνης σύγκλισης (ITCZ) και η ξηρασία στη περιοχή Σαχέλ (Frampton, et al., 1996)

Η υδρολογική ξηρασία επίσης συχνά επιδεινώνεται λόγω της ανθρωπογενούς δραστηριότητας. Η αποψίλωση των δασών και η υπερβολική βόσκηση χωρίς ενδιάμεσες περιόδους παύσης, έχουν ως αποτέλεσμα την καταστροφή του ριζικού συστήματος των φυτών. Το έδαφος αδυνατεί πλέον να συγκρατήσει μεγάλες ποσότητες νερού, με αποτέλεσμα την έντονη διάβρωση τόσο από το νερό που απορρέει πιο ορμητικά όσο και από τον άνεμο. Κατά συνέπεια σε ένα ισχυρό επεισόδιο βροχόπτωσης το νερό απορρέει αντί να συγκρατείται, τα υπόγεια αποθέματα μειώνονται και οι συνθήκες ξηρασίας ευνοούνται (Frampton, et al., 1996).

2.3.10.2 Η ξηρασία της Αιθιοπίας

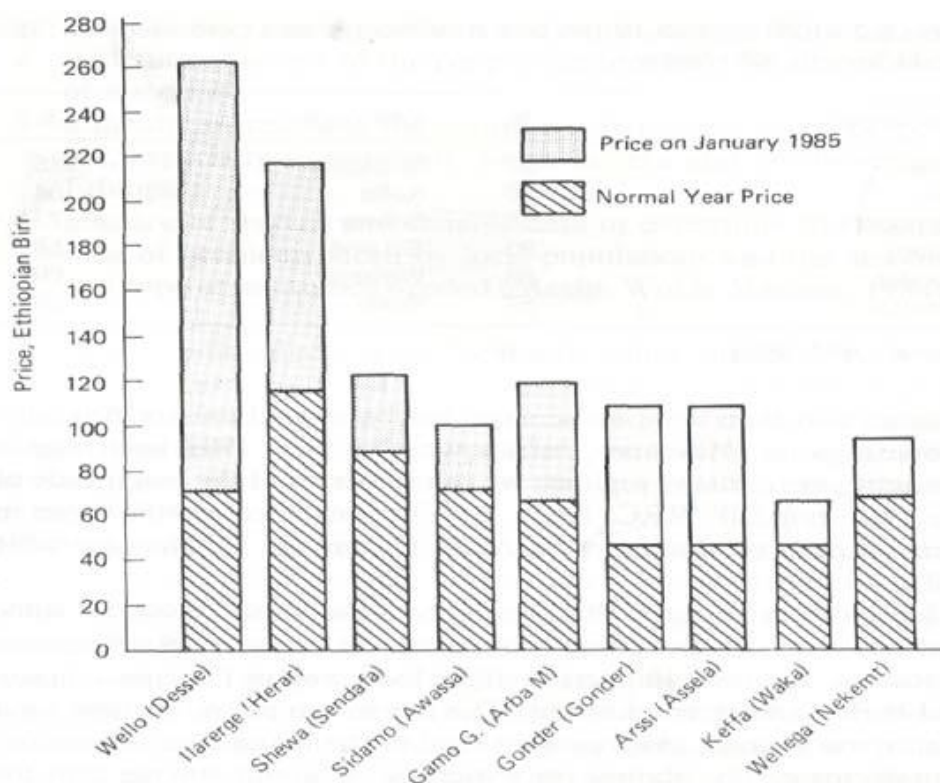
Η ξηρασία που έπληξε την Αιθιοπία το 1984 έχει επίσης μείνει στην ιστορία για το πλήθος των μεταναστών και για τους θανάτους που προκάλεσε (Clarke, et al., 1989). Περίπου μισό εκατομμύριο άνθρωποι αναγκάστηκαν να εγκαταλείψουν τα σπίτια τους μέσα σε ένα μόλις χρόνο εξαιτίας του λοιμού που έπληξε όλη τη χώρα. Βέβαια το περιστατικό αυτό ξηρασίας δε συνέβη απροειδοποίητα, αλλά αποτελεί ένα μόνο ανάμεσα σε μια σειρά μεγάλων και μικρών επεισοδίων το δεύτερο μισό του 20ου αιώνα. Οι περιοχές που επλήγησαν σε μεγαλύτερο βαθμό ήταν οι Wello, Tigray και Eritrea, στο βόρειο τμήμα της χώρας (πίνακας 2).

Πίνακας 2: Περιοχές που επλήγησαν σε μεγαλύτερο βαθμό στο βόρειο τμήμα της Αιθιοπίας

No.	Kifile Hager	Total population 1984	No. Of people affected	Percentage of total
1	Wello	3.609.918	2.587.420	71,6
2	Tigray	2.409.700	1.429.390	59,3
3	Eritrea	2.704.000	827.000	30,6
4	Gonder	2.905.362	346.500	11,9
5	Sidamo	3.790.579	532.500	14,0
6	Gamogofa	1.248.034	106.330	8,5
7	Herarge	4.151.706	864.340	20,8
8	Shewa	9.503.140	799.820	8,2
9	Arssi	1.662.233	76.460	4,6
10	Bale	1.006.491	120.920	12,0
11	Gojam	3.244.882	76.120	2,3
12	Keffa	2.450.369	90.000	3,7
13	Illubabor	963.327	25.000	1,1
14	Wellega	2.369.677	-	-
Total		42019.418	7.861.800	18,7

Σύμφωνα με το RRC (Rehab and Rehabilitation Commission, 1984), 2.500.000 άνθρωποι δέχτηκαν ανθρωπιστική βοήθεια σε 195 κέντρα διανομής τροφής. Οι οικονομικά πιο εύρωστες κοινωνικές τάξεις κατάφεραν να επιβιώσουν, ενώ εκατοντάδες χιλιάδες πέθαναν από την ασιτία και την έλλειψη υγιεινής στα υπερπλήρη καταφύγια. Επιπλέον, σαν αποτέλεσμα της λειψυδρίας προέκυψαν πυρκαγιές, ασθένειες σε φυτά και ζώα, καθώς και άνοδος των τιμών των προϊόντων, πολιτικές αναταραχές και εμφύλιοι (Clarke, et al., 1989). Δεδομένου ότι η οικονομία της χώρας βασιζονταν σχεδόν αποκλειστικά στη γεωργία, η οικονομική κατάρπωση που βίωσε δεν είχε προηγούμενο (εικόνα 14). Αξίζει να σημειωθεί ότι το 1984 παρουσιάστηκε έντονο El Niño επεισόδιο που διήρκεσε από τον Οκτώβριο

μέχρι τον Ιούνιο του υδρολογικού έτους (παρατήρηση ιστορικής χρονοσειράς του ENSO34).



Εικόνα 14: Οι τιμές των προϊόντων στις αγορές 9 εθνοτήτων της Αιθιοπίας μετά την ξηρασία του 1984 (Clarke, et al., 1989)

2.3.10.3 Η ξηρασία στην Κίνα

Η Κίνα έχει βιώσει ξηρασίες που έχουν μείνει στην ιστορία λόγω του πλήθους των θυμάτων τις χρονιές 1640, 1877 και 1957. Οι δύο τελευταίες συγκαταλέγονται ανάμεσα στις χρονιές κατά τις οποίες σημειώθηκαν έντονα El Niño επεισόδια που διήρκησαν αρκετούς μήνες (παρατήρηση της χρονοσειράς ENSO34. Το 1957 παρατηρήθηκε το πρωτοφανές φαινόμενο εμφάνισης πλημμυρών στις ακτές της χώρας και ανομβρία στο εσωτερικό της (Clarke, et al., 1989). Κάτι τέτοιο οφείλονταν πιθανότατα στο γεγονός, ότι οι τροπικοί τυφώνες φτάνοντας στις ακτές της χώρας εμποδίζονταν στην πορεία τους προς το εσωτερικό από τα ηπειρώτικα ρεύματα. Χαρακτηριστικά η ελληνική εφημερίδα «ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ» στο φύλλο της 4ης Απριλίου 1961 αναφέρει: «Εν τούτοις φαίνεται πως ο καιρός είναι η λύσις που ευρίσκουν οι Κινέζοι δια να καλύψουν την αποτυχία της αγροτικής τους πολιτικής και κυρίως την αποτυχία των αγροτικών κοινοβίων».

2.3.10.4 Άλλα περιστατικά φαινομένων ξηρασίας και έντονης κλιματικής μεταβλητότητας ανά τον κόσμο

Στον πίνακα 3 και την εικόνα 15 παρατηρούμε την έντονη κλιματική μεταβλητότητα αρκετούς αιώνες πίσω, όχι μόνο όσον αφορά τη βροχόπτωση αλλά και τη θερμοκρασία. Οι περίοδοι ξηρασίας και οι περίοδοι ήπιου ή ψυχρού καιρού διαδέχονται η μία την άλλη.

*Πίνακας 3: Κλιματική μεταβλητότητα ανά τον κόσμο
(πηγή: εφημερίδες ΣΚΡΙΠ & ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ)*

1432	Γαλλία	Το Παρίσι καλύπτεται από χιόνι επί 40 ημέρες.
1446		Ο Μάιος ο ψυχρότερος μήνας όλων των εποχών.
1468		Στις ταβέρνες κόβουν το κρασί με το τσεκούρι.
16^{ος} αιώνας		Ηλιόλουστος καιρός και ξηρασίες.
1650 και μετά		Βελτίωση του καιρού.
1829 – 1830		Όλος ο Σηκουάνας παγώνει.
1908	Αργεντινή	Καταστροφή καλλιεργειών, πείνα λόγω ξηρασίας.
1947	Τσεχοσλοβακία	Καταστροφή του ενός τρίτου της εθνικής παραγωγής.
1953	Αγγλία	Στο Λονδίνο 34 συνεχόμενες μέρες χωρίς βροχή.
1953	Ρουμανία	Λοιμός λόγω ανομβρίας.
1854 – 1959	Βραζιλία	Μεγάλες εκτάσεις μετατρέπονται σε ερήμους. Στο λεξικό προστίθεται η λέξη «φλαγκελάντος» που σημαίνει θύματα της ανομβρίας, ενώ συζητείται η μετανάστευση μεγάλου μέρους του πληθυσμού.
1963	Ισραήλ	Πρώτη φορά ξηρασία μετά από 30 χρόνια.

αυτές τις χρονιές δεν ανήκουν στις ξηρότερες από πλευράς ετήσιου ύψους βροχόπτωσης, εφόσον αυτό καλύφθηκε κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Η εμφάνιση ωστόσο υδρολογικής ξηρασίας αποδίδεται στους ιδιαίτερα πολύπλοκους και ευαίσθητους ως προς την κατανομή της βροχής μηχανισμούς μετατροπής της βροχόπτωσης σε επιφανειακή απορροή (Μαμάσης, και συν., 2007).

Πίνακας 4: Συγκεντρωτικά κάποια περιστατικά φαινομένων ξηρασίας στη χώρα μας και οι συνέπειες αυτών (πηγές: εφημερίδες ΣΚΡΙΠ & ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ)

1897	Κόρινθος	Περονόσπορος στις αμπελοκαλλιέργειες λόγω ανομβρίας.
1898	Χωριά Πίνδου	Οι κάτοικοι λιμοκτονούν λόγω της καταστροφής των καλλιεργειών, ζητούν τη συνδρομή της κυβέρνησης.
1901	Λάρισα	Καταστροφή σοδειάς.
1901	Χαλκίδα	Καταστροφή σοδειάς.
1901	Καλαμάτα	Καταστροφή σοδειάς.
1902	Πάτρα	Καταστροφή καλλιεργειών δημητριακών.
1908	Λιβαδειά	Καταστροφή σοδειάς
1949 - 1951	Αθήνα	Η λίμνη του Μαραθώνα και άλλες πηγές ύδρευσης παρουσιάζουν τη χαμηλότερη απόδοση από το 1925.
1957	Αθήνα	Καθηγητές και μετεωρολόγοι βασιζόμενοι σε αναφορές αρχαίων κειμένων, καθώς και σε αντικειμενικά στοιχεία μιλούν για ενδεκαετείς κύκλους πολυομβρίας και ανομβρίας.
1957	Κρήτη	Μειωμένη παραγωγή σταφίδας.
1966	Αθήνα	Πτώση της στάθμης της Υλίκης, διακοπή άντλησης για κάποιες ημέρες.
1988 - 1994	Αθήνα	Λήψη μέτρων για τον περιορισμό της κατανάλωσης νερού.

2.4 Το ιστορικό της ξηρασίας της περιόδου 1987 έως 1994

Η Αθήνα για πρώτη φορά στην ιστορία της κατάφερε να έχει αφθονία αποθέματος νερού το έτος 1981 με την πλήρη λειτουργία του ταμιευτήρα του Μόρνου⁵, ενώ το 1985 με την υπερχειλίση του εν λόγω ταμιευτήρα δημιουργήθηκε η αίσθηση της υδροδοτικής ασφάλειας. Καθώς όμως η κατανάλωση του νερού αυξανόταν σημαντικά από το 1985 και μετά, ως μέτρο πρόληψης για τη διασφάλιση αδιάληπτης παροχής νερού, θεσμοθετήθηκε η διάθεση νερού από την Υλίκη⁶ για αρδευτικούς σκοπούς. Η κατανάλωση όμως παρουσίαζε μια σταθερή σταδιακή αύξηση και τα αποθέματα στον αντίποδα μειώνονταν συνεχώς. Στα τέλη της δεκαετίας του 1980 έρχεται να αθροιστεί αρνητικά στο υδροδοτικό ισοζύγιο ένα έντονο φαινόμενο υδρολογικής ξηρασίας που διαρκεί μέχρι και τα μέσα της δεκαετίας 1990. Το χαρακτηριστικό της ξηρασίας ήταν οι αισθητά μειωμένες τιμές της απορροής των λεκανών Μόρνου και Βοιωτικού Κηφισού σε σχέση με το ιστορικό μέσο όρο. Ειδικότερα, το έτος 1980-90 καταγράφηκαν οι μικρότερες απορροές ιστορικά, ενώ τα έτη από 1991 έως 1993 ήταν μικρότερες από τα 50% των ιστορικών μέσων τιμών.

Όσον αφορά την κατανάλωση του νερού το 1990 είχε φτάσει σε πολύ υψηλά επίπεδα (το 1989 η κατανάλωση ήταν η μεγαλύτερη που είχε καταγραφεί μέχρι τότε), ενώ λόγω των μικρών απορροών στους ταμιευτήρες τα αποθέματα μειώνονταν δραματικά, με αποτέλεσμα το 1990 να αρκούν για διάστημα σχεδόν του ενός έτους και να χτυπήσει καμπανάκι για λήψη έκτακτων μέτρων για την εξοικονόμηση του νερού και αύξηση της τιμολογιακής πολιτικής.

⁵ Στην κοίτη του ποταμού Μόρνου, 7 χλμ. δυτικά του Λιδορικίου στο Νομό Φωκίδος, δημιουργήθηκε με την κατασκευή χωμάτινου φράγματος ο ταμιευτήρας του Μόρνου. Το έργο άρχισε τον Μάιο του 1969 και ολοκληρώθηκε το 1979, αλλά η κανονική λειτουργία του άρχισε το 1981. Το φράγμα του Μόρνου, ένα από τα μεγαλύτερα της Ευρώπης, αποτελείται από αδιαπερατό αργιλικό πυρήνα (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.).

⁶ Η φυσική λίμνη Υλίκη βρίσκεται στο νομό Βοιωτίας. Εντάχθηκε το 1956 στο υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας, προκειμένου να καλυφθούν οι μεγάλες ανάγκες κατανάλωσης νερού λόγω της πληθυσμιακής αύξησης του Λεκανοπεδίου. Από τους ταμιευτήρες της Ε.ΥΔ.Α.Π., μόνο αυτός της Υλίκης είναι φυσικά σχηματισμένη λίμνη. Λόγω της χαμηλής υψομετρικής της θέσης, χρησιμοποιούνται αντλιοστάσια για την άντληση του νερού που καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας με αποτέλεσμα η μεταφορά νερού από την Υλίκη να έχει υψηλό λειτουργικό κόστος. Όπως και ο ταμιευτήρας του Μαραθώνα, η Υλίκη λειτουργεί ως βοηθητική πηγή υδροληψίας για περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.).

Τα μέτρα που αναφέρθηκαν, που χαρακτηρίστηκαν ως επιτυχή, σε συνδυασμό πάντα με τις σχετικά υψηλές απορροές του έτους 1991 βελτίωσαν την κατάσταση αφού τα αποθέματα αυξήθηκαν τόσο ώστε να επαρκούν για κάτι περισσότερο από ένα έτος. Τα επόμενα ιδιαιτέρως ξηρά έτη 1992 και 1993 επανάφεραν την κατάσταση στην δραματική της μορφή όπου τα αποθέματα έφτασαν τα 144.417,933m³, με άλλα λόγια, να αρκούν για διάστημα μικρότερο του ενός έτους και να χτυπήσει καμπανάκι για λήψη έκτακτων μέτρων.

Τα μέτρα που πάρθηκαν αφορούσαν τώρα πια δυο άξονες, τη μείωση της κατανάλωσης και την εξεύρεση εφικτών τεχνικών λύσεων για την υδροδοτική ενίσχυση του συστήματος. Αναλυτικότερα,

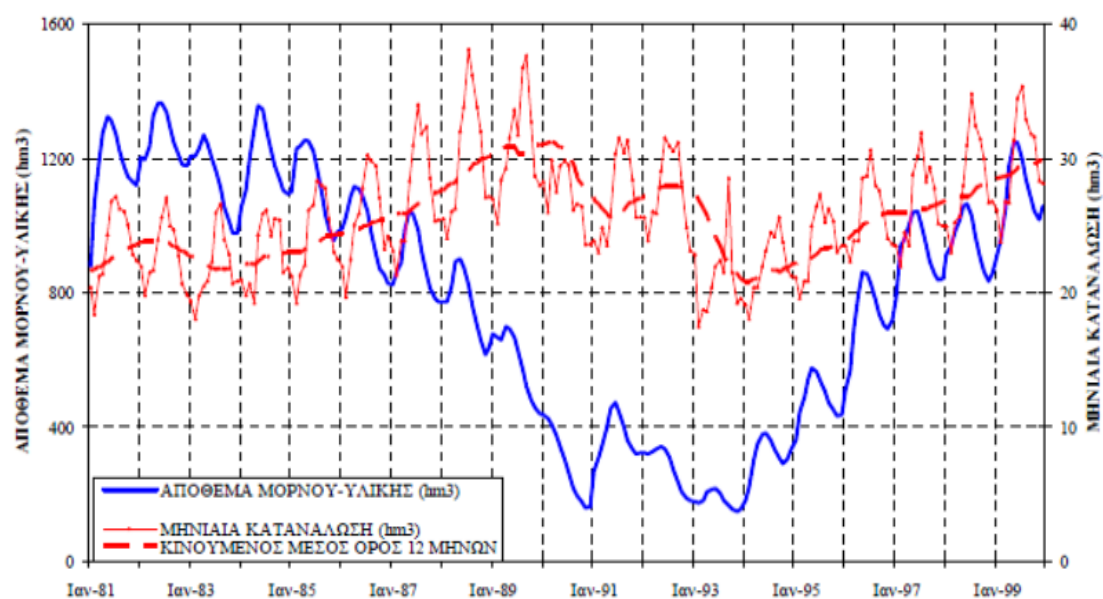
- ✓ Αντλήθηκε νερό από γειτονικούς υπόγειους υδροφορείς μέσα από νέες γεωτρήσεις. Το αποτέλεσμα της υπεράντλησης ήταν να εμφανιστούν φαινόμενα υφαλμύρωσης.
- ✓ Κατασκευάστηκαν πλωτά αντλιοστάσια στους δύο ταμιευτήρες, που αποφασίστηκε από την Ε.ΥΔ.Α.Π. να τα θέσει σε λειτουργία το 1994 όπου τα αποθέματα ήταν τα ελάχιστα ιστορικά, ώστε να αντληθεί νερό από τον νεκρό όγκο του φράγματος.
- ✓ Μελετήθηκε το έργο για την μεταφορά νερού μέσω της σύνδεσης της Τριχωνίδας με το Μόρνο, που όμως δεν υλοποιήθηκε μετά από παρεμβάσεις της Ελληνικής Επιτροπής για την Διαχείριση των Υδάτινων Πόρων (ΕΕΔΥΠ), αλλά και των περιβαλλοντικών οργανώσεων.
- ✓ Μελετήθηκαν λύσεις μεταφοράς νερού με δεξαμενόπλοια, που όμως δεν υλοποιήθηκαν.
- ✓ Εντατικοποιήθηκαν τα έργα κατασκευής του ταμιευτήρα Ευήνου.
- ✓ Έγινε προσπάθεια ενίσχυσης της φυσικής βροχής στη λεκάνη του Μόρνου μέσω σποράς νεφών.
- ✓ Μειώθηκε ο χρόνος αποκατάστασης των διαρροών του δικτύου ύδρευσης με πύκνωση των συνεργείων της Ε.ΥΔ.Α.Π.
- ✓ Ευαισθητοποιήθηκε η κοινωνία, μετά από πρωτοβουλία της Ε.ΥΔ.Α.Π., μέσω ειδικά σχεδιασμένων τηλεοπτικών και ραδιοφωνικών spots, αλλά και

φυλλαδίων τα οποία διανέμονταν από όλα τα εμπορικά και τεχνικά της κέντρα.

- ✓ Λήφθηκαν οικονομικά μέτρα, από την Εταιρεία Ύδρευσης Πρωτευούσης, όπως η αυξημένη τιμολογιακή πολιτική (αναλυτικότερα θα παρουσιαστεί στο κεφάλαιο 3).

Στις εικόνες 16 και 19 αλλά και στον πίνακα 5, οπτικοποιείται η κατάσταση της περιόδου της λειψυδρίας, όπου παρουσιάζονται τα μηνιαία αποθέματα νερού του συστήματος, μέσω της μηνιαίας χρονοσειράς του αθροίσματος των αποθεμάτων του Μόρνου και της Υλίκης (δεν περιλαμβάνεται ο Μαραθώνας καθώς η συμβολή του θεωρείται αμελητέα).

Στην εικόνα 16 παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη των μηνιαίων αποθεμάτων των ταμιευτήρων Μόρνου και Υλίκης (αριστερός άξονας), η μηνιαία κατανάλωση νερού του μέσου όρου 12 μηνών (δεξιός άξονας) για την χρονική περίοδο από 1981 έως και 2000. Αυτό που προκύπτει είναι η διαρκής αύξηση της κατανάλωσης μέχρι και τα τέλη της δεκαετίας 1980, αλλά και η μείωση των αποθεμάτων του νερού ως λόγος αντίθετος της κατανάλωσης. Μείωση των αποθεμάτων εξακολουθεί να υπάρχει και στις αρχές της δεκαετίας 1990 που οφείλεται κυρίως στην εμφάνιση των δυο πολύ ξηρών ετών 1991 και 1993. Από το 1994 τα αποθέματα νερού αρχίζουν να αυξάνονται καθώς στο σύστημα εισήρθε ο ταμιευτήρας του Ευήνου. Έτσι από το έτος 1994 και μετά άρεται ο συναγερμός.



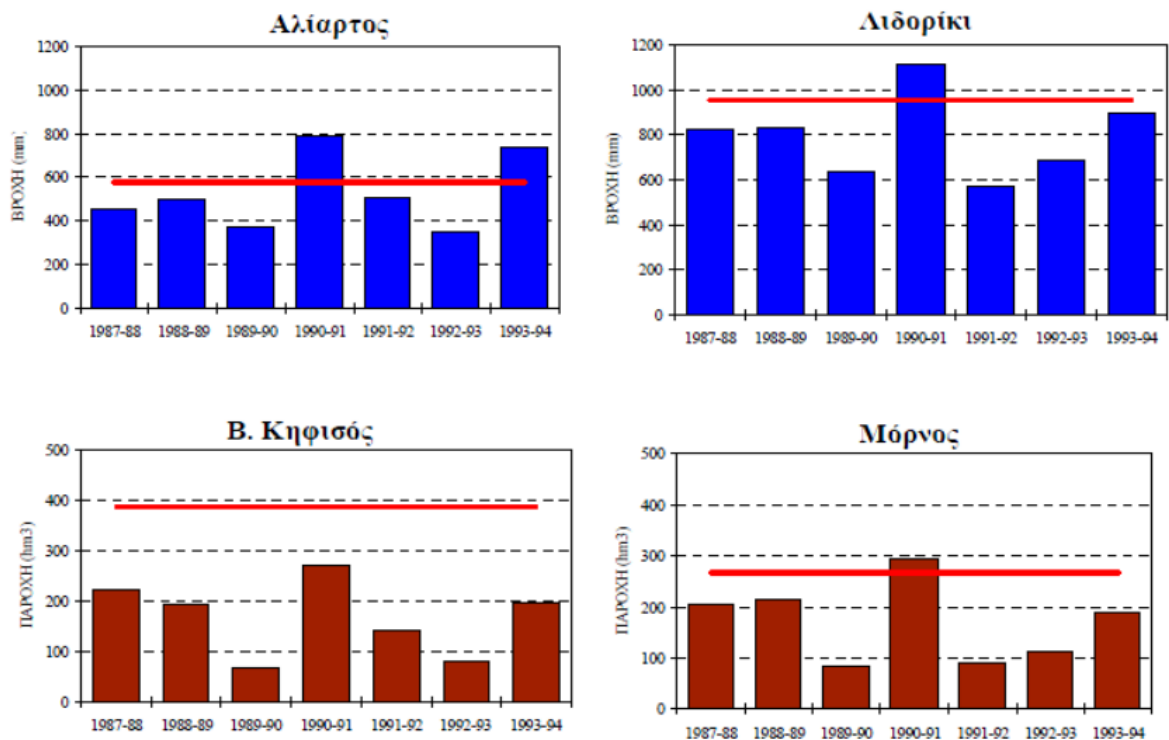
Εικόνα 16: Χρονική εξέλιξη αποθεμάτων ταμιευτήρων και κατανάλωσης Αθήνας (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Στην εικόνα 17 φαίνεται το πηλίκο του αποθέματος προς το μέσο όρο κατανάλωσης για κάθε μήνα από τον Ιανουάριο του 1981 έως και τον Ιανουάριο του 1999. Βλέποντας την διακύμανση του διαγράμματος γίνεται εμφανής η κρίσιμότητα της υδροδοτικής κατάστασης της περιόδου 1990 – 1994 όπου τα υδάτινα αποθέματα διαρκούσα για μόλις 6 μήνες.



Εικόνα 17: Χρονική εξέλιξη ανηγμένου αποθέματος (αριθμός μηνών που μπορεί να καλύψει η κατανάλωση) (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να γίνει αναφορά στους δείκτες βροχοπτώσεως και απορροής των λεκανών του Μόρνου και του Β. Κηφισού για τα έτη της ξηρής περιόδου 1988 με 1993. Έτσι, στον πίνακα 5 παρουσιάζονται, για κάθε μεταβλητή και υδρολογικό έτος, το ποσοστό της τιμής ως προς την ιστορική μέση ετήσια τιμή, ενώ στην εικόνα 18 οπτικοποιούνται οι τιμές βροχοπτώσεων των λεκανών απορροής του Μόρνου και του Βοιωτικού Κηφισού.



Εικόνα 18: Χρονική εξέλιξη των ετήσιων βροχοπτώσεων στον Αλίαρτο και στο Λιδορίκι, αλλά και των απορροών στον Βοιωτικό Κηφισό και στον Μόρνο, κατά την επταετία 1987 έως και το 1994. Οι συνεχείς κόκκινες ευθείες παρουσιάζουν τις μέσες ετήσιες τιμές (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Πίνακας 5: Ποσοστά βροχόπτωσης και απορροής ως προς τις μέσες ετήσιες τιμές (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)

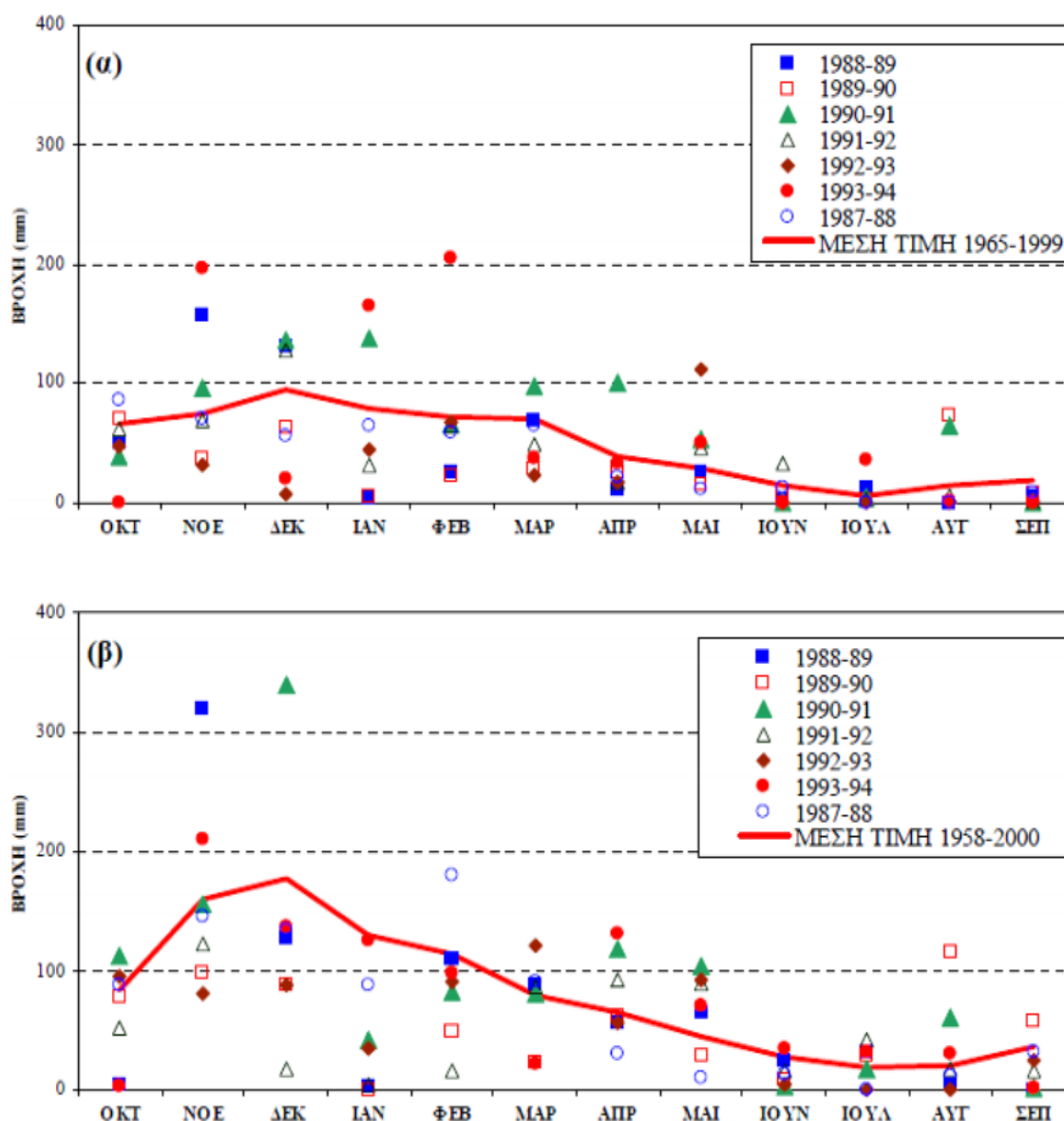
	Λεκάνη Βοιωτικού Κηφισού		Λεκάνη Μόρνου	
	Βροχή (Αλίαρτος)	Απορροή	Βροχή (Λιδορίκι)	Απορροή
1987-88	79%	58%	86%	77%
1988-89	86%	50%	87%	80%
1989-90	63%	17%	67%	32%
1990-91	138%	70%	117%	111%

1991-92	89%	36%	60%	34%
1992-93	61%	21%	72%	43%
1993-94	129%	51%	94%	71%
Μέση Τιμή	92%	43%	83%	64%

Τα συμπεράσματα που αντλούνται είναι πως,

- ✓ Οι απορροές που τροφοδοτούσαν το υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας ήταν πολύ μικρότερες του μέσου όρου των προηγούμενων ετών.
- ✓ Το υδρολογικό έτος 1989-90 η απορροή του Βοιωτικού Κηφισού είναι πολύ μικρή (17%) συγκρινόμενη με τις αντίστοιχες μετρήσεις από το 1907. Το ίδιο συμβαίνει και με την απορροή του Μόρνου με μόλις 32% της μέσης ετήσιας τιμής.
- ✓ Τα έτη 1992 και 1993 ήταν ιδιαίτερα ξηρά άρα και φτωχά ως προς την απορροή των λεκανών απορροής Β. Κηφισού (36% και 21%) και του Μόρνου (34% και 43%).
- ✓ Συνολικά για την επταετία 1989 έως και 1993 οι απορροές των δυο ποταμιών αντιστοιχούν σε 41% για τον Βοιωτικό Κηφισό και 62% για το Μόρνο.
- ✓ Από τον πίνακα 5, φαίνεται ότι οι ιδιαίτερα χαμηλές ετήσιες απορροές των δυο λεκανών κατά την διάρκεια της ξηρής περιόδου δεν επαληθεύονται επαρκώς από τις τιμές των αντίστοιχων βροχοπτώσεων στις δυο λεκάνες.

Ερμηνεύοντας το τελευταίο από τα συμπεράσματα, παρατηρούμε ότι τα ιδιαίτερα ξηρά έτη 1989, 1992 και 1993 οι βροχοπτώσεις στις λεκάνες απορροής κυμαίνονταν από 61 έως 89% των μέσων ετήσιων τιμών, ενώ στα υπόλοιπα έτη οι βροχοπτώσεις κυμαίνονταν σε συνήθη επίπεδα. Συνολικά στην επταετία οι βροχοπτώσεις αντιστοιχούσαν σε 92% στο Βοιωτικό Κηφισό και 83% στο Μόρνο. Με άλλα λόγια, οι ετήσιες βροχοπτώσεις στις λεκάνες μειώθηκαν κατά 10% περίπου. Στα διαγράμματα της εικόνα 19 παρουσιάζονται οι μηνιαίες βροχοπτώσεις για τα υδρολογικά έτη από 1989 έως 1993.

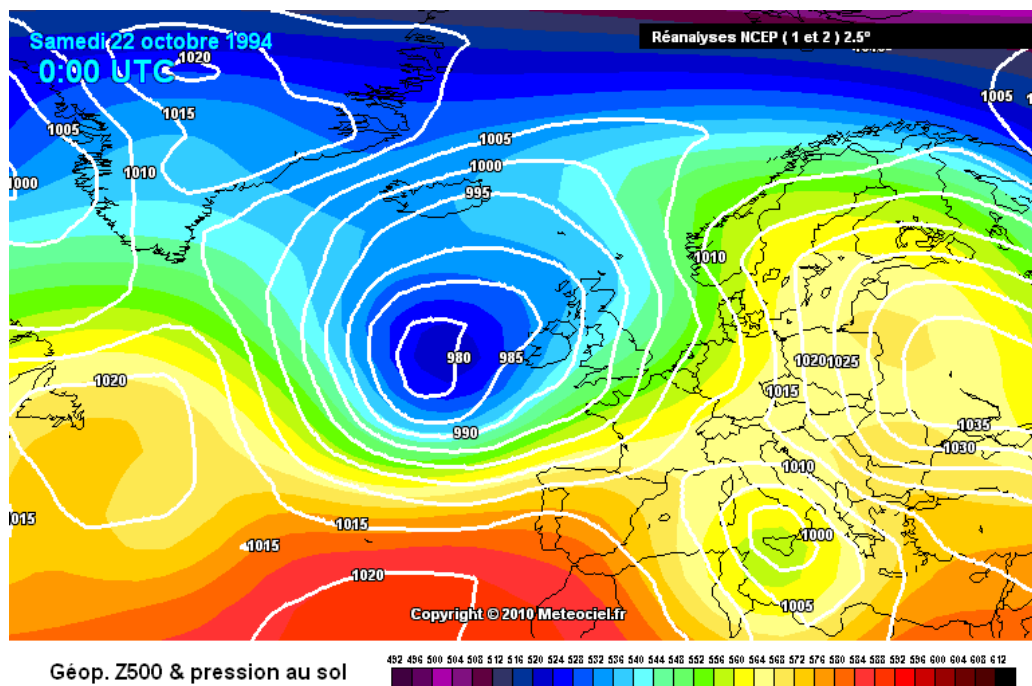


Εικόνα 19: Συγκριτική εικόνα των μηνιαίων βροχοπτώσεων της επταετίας 1987 έως 1994 σε σχέση με τις ιστορικές μέσες τιμές της περιόδου για α) τον Αλίαρτο και β) το Λιδορίκι (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Από το διάγραμμα των μηνιαίων βροχοπτώσεων της 7ετίας παρατηρείται ότι τον Ιανουάριο των ετών 1989 και 1990 υπάρχουν σχεδόν μηδενικές βροχοπτώσεις και στις δυο λεκάνες, ενώ τον ίδιο μήνα των υπόλοιπων ετών οι βροχοπτώσεις που σημειώνονται είναι μειωμένες σημαντικά. Το Φεβρουάριο οι βροχοπτώσεις και στις δυο λεκάνες παρουσιάζονται εξίσου μειωμένες, με μόνη εξαίρεση το έτος 1994 στον Αλίαρτο και το 1988 στο Λιδορίκι. Επίσης, τους μήνες Οκτώβριο, Δεκέμβριο και Μάρτιο στα περισσότερα έτη και στις δυο λεκάνες οι βροχοπτώσεις είναι

μικρότερες από τις αναμενόμενες. Από την άλλη, στους μήνες Μάιο, Ιούλιο και Αύγουστο στα περισσότερα υδρολογικά έτη και των δυο λεκανών απορροής παρατηρούνται βροχοπτώσεις μεγαλύτερες των συνηθισμένων. Τέλος, στους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο του ξηρού έτους 1989 οι βροχοπτώσεις είναι σχεδόν αμελητέες, ενώ ίδια εικόνα φαίνεται πως υπήρχε και το έτος 1992.

Ευτυχώς το φαινόμενο της λειψυδρίας υποχώρησε, άροντας και το συναγερμό που είχε καταστεί η χώρα, καθώς από το έτος 1994 και μετά ακολούθησαν αρκετά υγρά έτη. Ενδεικτικά αναφέρεται η πρώτη υπερκαταιγίδα του Οκτωβρίου του 1994, που προκλήθηκε από το συνδυασμό ενός κυκλωνικού συστήματος ψυχρού μετώπου που σχηματίστηκε στην Ιταλία και κινήθηκε ανατολικά και προχώρησε στο Ιόνιο Πέλαγος και ενός εκτεταμένου συστήματος με υψηλές πιέσεις που ήταν εγκατεστημένο στην κεντρική Ρωσία. Τα χαρακτηριστικά της καταιγίδας αυτής ήταν, διάρκεια 8-9 ώρες, μέγιστο ύψος βροχής πάνω από 150mm τοπικά στις περιοχές στα περίξ του Κηφισού (ο οποίος και υπερχειλίσε) και ΒΑ του κέντρου και προς Ζωγράφου (εικόνα 20).



Εικόνα 20: Μετεωρολογικός χάρτης του συστήματος 22 Οκτωβρίου 1994
(πηγή: Meteociel.fr)

Με τη λήξη της περιόδου της συνεχόμενης ξηρασίας, η οποία ήταν μια έντονη δοκιμασία για το σύστημα και τη διαχείρισή του, την ένταξη των έργων μεταφοράς

νερού από τον Εύηνο στο σύστημα και τη διακοπή της πολιτικής μείωσης της κατανάλωσης από πλευράς Ε.ΥΔ.Α.Π., η κατανάλωση ξεπέρασε κατά πολύ τα προ ξηρασίας επίπεδα, παρουσιάζοντας εντονότερες αυξητικές τάσεις. Αποτέλεσμα αυτού ήταν το 1999 η Ε.ΥΔ.Α.Π. σε συνεργασία με τον Τομέα Υδατικών Πόρων του Ε.Μ.Π. υλοποίησε ένα Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων (Σ.Υ.Α.) με σκοπό τη ορθή διαχείριση υδατικών της πόρων και τον καθορισμό λεπτομερών κανόνων λειτουργίας του υδροσυστήματος με σκοπό τη βελτιστοποίηση των απολήψεων με παράλληλη διατήρηση της ασφάλειας του συστήματος (Koustogiannis, et al., 2003).

Η συνεχής παρακολούθηση της κατάστασης του υδροδοτικού συστήματος, μέσω των δυνατοτήτων που παρέχει το Σ.Υ.Α., καθώς και η προσομοίωση της μελλοντικής κατάστασής του σε συνδυασμό με τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας του (σε ορίζοντα τουλάχιστον δεκαετίας), επιχειρεί τη διασφάλιση της καλύτερης αντιμετώπισης ανάλογων μελλοντικών περιστατικών ξηρασίας. Έτσι, το Σ.Υ.Α. που άρχισε να λειτουργεί από το 2000, στοχεύει στην δημιουργία εμπιστοσύνης της αξιόπιστης λειτουργίας του συστήματος ακόμη και κάτω από ακραίες συνθήκες, χωρίς βέβαια να μπορεί να εξαλείψει τον κίνδυνο αστοχίας του συστήματος υδροδότησης. Η όλη λογική στην οποία στηρίχθηκε η λειτουργία του συστήματος είναι η πιθανοτική και θεωρείται ανεκτή μια αστοχία στα 100 χρόνια, υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας. Εννοείται ότι σε περίπτωση επερχόμενης αστοχίας θα πρέπει να ληφθούν πρόσθετα μέτρα έκτακτης ανάγκης, οπότε θα μειωθεί ο κίνδυνος αστοχίας ακόμη περισσότερο.

Κεφάλαιο 3 – Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας ως περιοχή μελέτης

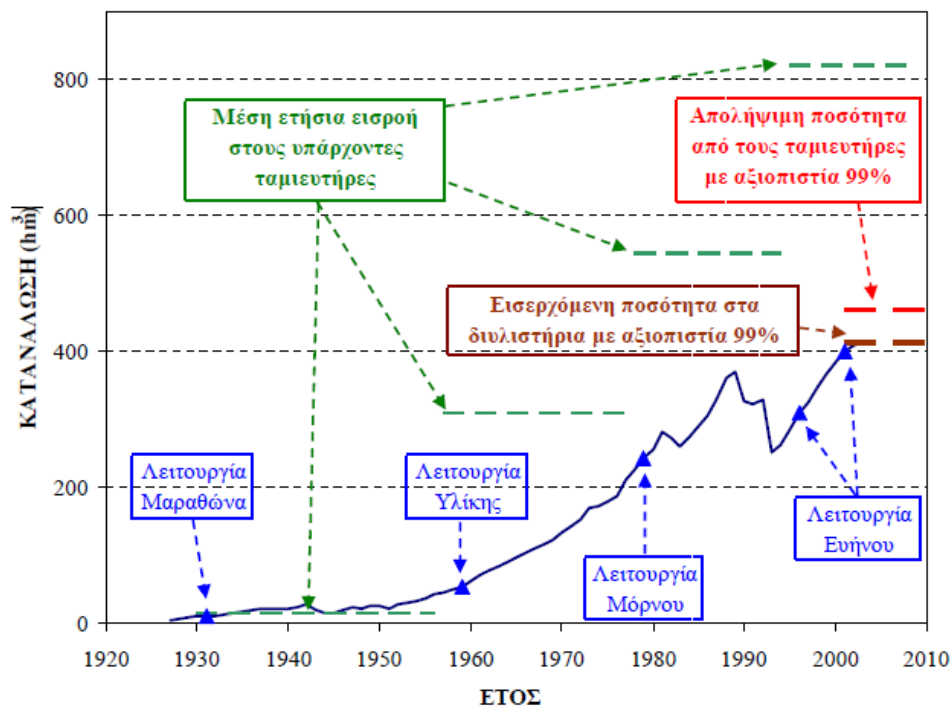
3.1 Ιστορική αναδρομή

Το κλίμα της Αθήνας, όπως και των περισσότερων περιοχών της Ελλάδας, χαρακτηρίζεται από ήπιους υγρούς χειμώνες και ξηρά καλοκαίρια. Όμως, το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της Αττικής που την διαφοροποιεί από τις γειτονικές περιοχές είναι το ιδιαίτερα χαμηλό ετήσιο ύψος βροχής που τον τελευταίο αιώνα είναι κατά μέσο όρο μικρότερο από 400mm (στοιχεία Αστεροσκοπείου Αθηνών). Δεδομένου ότι στην περιοχή άνθισε ένας από τους σημαντικότερους αρχαίους πολιτισμούς υπάρχουν αρκετές πληροφορίες που μπορούν να δώσουν μια διαχρονική εικόνα για το κλίμα αλλά και για τον τρόπο που αρχαίοι Αθηναίοι αντιλαμβάνονταν αυτό που σήμερα λέγεται διαχείριση υδατικών πόρων (Koustogiannis, et al., 2003). Στην ακμή του πολιτισμού της πόλης, κατά τον 5ο αιώνα π.Χ., ο πληθυσμός ξεπερνούσε τα 200.000 άτομα και η φυσική προσφορά νερού από τα ποτάμια και τις κοντινές πηγές ήταν πολύ μικρότερη από τη ζήτηση (αφού και τότε το κλίμα περιγράφεται ως θερμό με λίγες βροχοπτώσεις). Για την ικανοποίηση των αναγκών σε νερό είχε αναπτυχθεί ένα σύστημα που περιλάμβανε ιδιωτικά και δημόσια πηγάδια, κρήνες και πηγές, υδραγωγεία που μετέφεραν το νερό από τις ορεινές περιοχές γύρω από την Αθήνα και δεξαμενές για τη συλλογή βρόχινου νερού. Ακόμη, είχαν επιβληθεί κανόνες για τη χρήση του νερού (οι περισσότεροι έγιναν από το Σόλωνα το 594). Οι κανόνες ήταν ακριβείς και διασφάλιζαν την πρόσβαση όλων των πολιτών σε νερό, τη συντήρηση των σχετικών υποδομών και την προστασία από τη ρύπανση των υδατικών πόρων. Εντεταλμένοι δημόσιοι υπάλληλοι ήταν επιφορτισμένοι με την επίβλεψη της τήρησης των κανόνων ώστε να εξασφαλίζεται η δίκαιη κατανομή του νερού στους πολίτες (Water demand management and the Athens water supply, 2002). Το 2^ο αιώνα μ.Χ. κατά τη διάρκεια της Ρωμαϊκής περιόδου κατασκευάστηκε το Αδριάνειο υδραγωγείο μήκους 25km που μετέφερε νερό από την Πάρνηθα, στην πόλη των Αθηνών. Το υδραγωγείο αυτό στην πορεία των αιώνων καταστράφηκε και

επισκευάστηκε στη διάρκεια του 19ου αιώνα, ενώ ήταν σε χρήση ακόμη μέχρι το 1931, όπου ολοκληρώθηκε το φράγμα και το υδραγωγείο Μαραθώνα.

Εκείνη την εποχή η κατανάλωση της πόλης ήταν περίπου 12 εκατομμύρια m^3 και ο πληθυσμός περίπου 800.000 κάτοικοι. Η αφθονία νερού που πρόσφερε το νέο φράγμα (χωρητικότητας 30 εκατομμυρίων m^3) είχε αποτέλεσμα το διπλασιασμό της κατανάλωσης σε δέκα μόλις χρόνια με αντίστοιχη αύξηση του πληθυσμού μόνο 40%. Το 1958 όταν λειτούργησε το υδραγωγείο Υλίκης που μετέφερε νερό από την ομώνυμη φυσική λίμνη, η κατανάλωση νερού ήταν 49 εκατομμύρια m^3 . Από το σημείο αυτό παρατηρείται σημαντική αύξηση της κατανάλωσης που σε ένα βαθμό συνδέονταν με την αύξηση του πληθυσμού και του βιοτικού επιπέδου αλλά και το αίσθημα αφθονίας νερού. Έτσι, η κατανάλωση τετραπλασιάζεται από το 1961 έως το 1981 (71 και 282 εκατομμύρια m^3 αντίστοιχα), ενώ η αύξηση του πληθυσμού το ίδιο διάστημα ήταν περίπου 65%. Ήδη από το 1979 για την αντιμετώπιση της ζήτησης έχει λειτουργήσει ο ταμιευτήρας του Μόρνου μεταφέροντας νερό από τον ομώνυμο ποταμό που βρίσκεται σε απόσταση περίπου 200km από την Αθήνα. Η κατανάλωση συνέχιζε να αυξάνεται όλη τη δεκαετία του 1980 χωρίς να υπήρχε σημαντική αύξηση του πληθυσμού αφού από το 1981 έως το 1991 η αύξηση ήταν 1,5%. Βέβαια αυτό εν μέρει οφείλεται και στην επέκταση της υδροδότησης σε νέες περιοχές. Το έτος 1989 καταγράφεται η μεγαλύτερη μέχρι τότε ετήσια κατανάλωση των 376 εκατομμυρίων m^3 , ενώ ήδη από την προηγούμενη χρονιά παρατηρήθηκε σημαντική μείωση των εισροών στους ταμιευτήρες, η οποία σηματοδότησε την αρχή μιας ξηρής περιόδου που θα κρατήσει περίπου επτά χρόνια. Η ξηρασία αυτή θα φέρει το σύστημα στα όρια του και θα καταστήσει αναγκαστική τη μείωση της κατανάλωσης, η οποία και θα επιτευχθεί μετά από την εφαρμογή νέων τιμολογήσεων και την πραγματοποίηση ενημερωτικής εκστρατείας. Έτσι η κατανάλωση το 1993 θα φτάσει τα 252 εκατομμύρια m^3 μειωμένη κατά 33% σε σχέση με αυτήν του 1989. Στα μέσα της δεκαετίας του 1990 οι εισροές επανέρχονται στα κανονικά επίπεδα, ενώ ταυτόχρονα ενισχύεται ο ταμιευτήρας του Μόρνου με τα νερά του Ευήνου (με εκτροπή το 1996 και με τη λειτουργία του ταμιευτήρα το 2001). Η επάρκεια νερού θα φέρει νέα ευφορία και η κατανάλωση θα αγγίξει τα 400 εκατομμύρια m^3 στο τέλος του 20ου αιώνα και θα τα ξεπεράσει

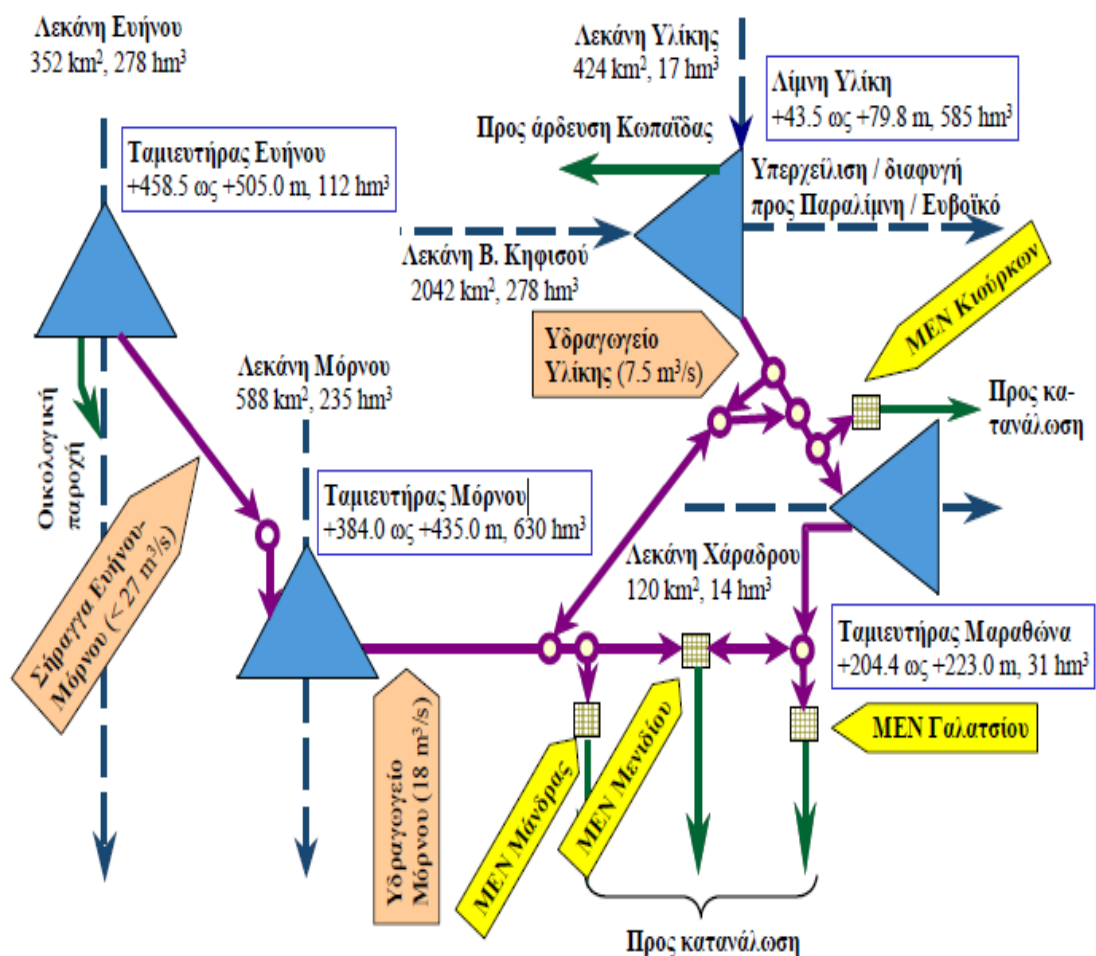
τα επόμενα έτη μέχρι σήμερα. Στην εικόνα 21 παρουσιάζεται η εξέλιξη της κατανάλωσης της Αθήνας τα τελευταία 80 έτη μέχρι και το 2010, καθώς και οι χρόνοι που εισέρχονταν οι ταμιευτήρες στο σύστημα. Σχετικά με τη σημερινή κατάσταση μπορούμε να παρατηρήσουμε ενώ η μέση ετήσια αναμενόμενη εισροή στους ταμιευτήρες είναι διπλάσια από την ετήσια κατανάλωση, η απολήψιμη ποσότητα στα διυλιστήρια με αξιοπιστία 99% (έχουν αφαιρεθεί οι απώλειες των εξωτερικών υδραγωγείων) είναι περίπου ίση με τη σημερινή κατανάλωση.



Εικόνα 21: Διαγραμματική εξέλιξη κατανάλωσης και έργων υδροδότησης της Αθήνας (Μαμάσης, και συν., 2000)

Τα τελευταία έτη το υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας μεταμορφώθηκε σε ένα εκτεταμένο και σύνθετο μοντέλο (στην εικόνα 22 παρουσιάζονται απλουστευτικά οι κύριες συνιστώσες του συστήματος. Αναλυτικότερη παρουσίαση θα ακολουθήσει στην ακόλουθη παράγραφο). Αναπτύσσεται σε μια περιοχή 4.000 km² και περιλαμβάνει 4 φράγματα, περισσότερες από 100 γεωτρήσεις σε τρεις κύριους υπόγειους υδροφορείς, 350km κύρια υδραγωγεία, 15 αντλητικά συγκροτήματα για τη μεταφορά νερού και 4 διυλιστήρια. Το πολύπλοκο αυτό σύστημα χαρακτηρίζεται από τη δυνατότητα πολλαπλών εναλλακτικών λύσεων, τόσο ως προς τους υδατικούς πόρους, όσο και ως προς τις διαδρομές μεταφοράς. Οι εναλλακτικές

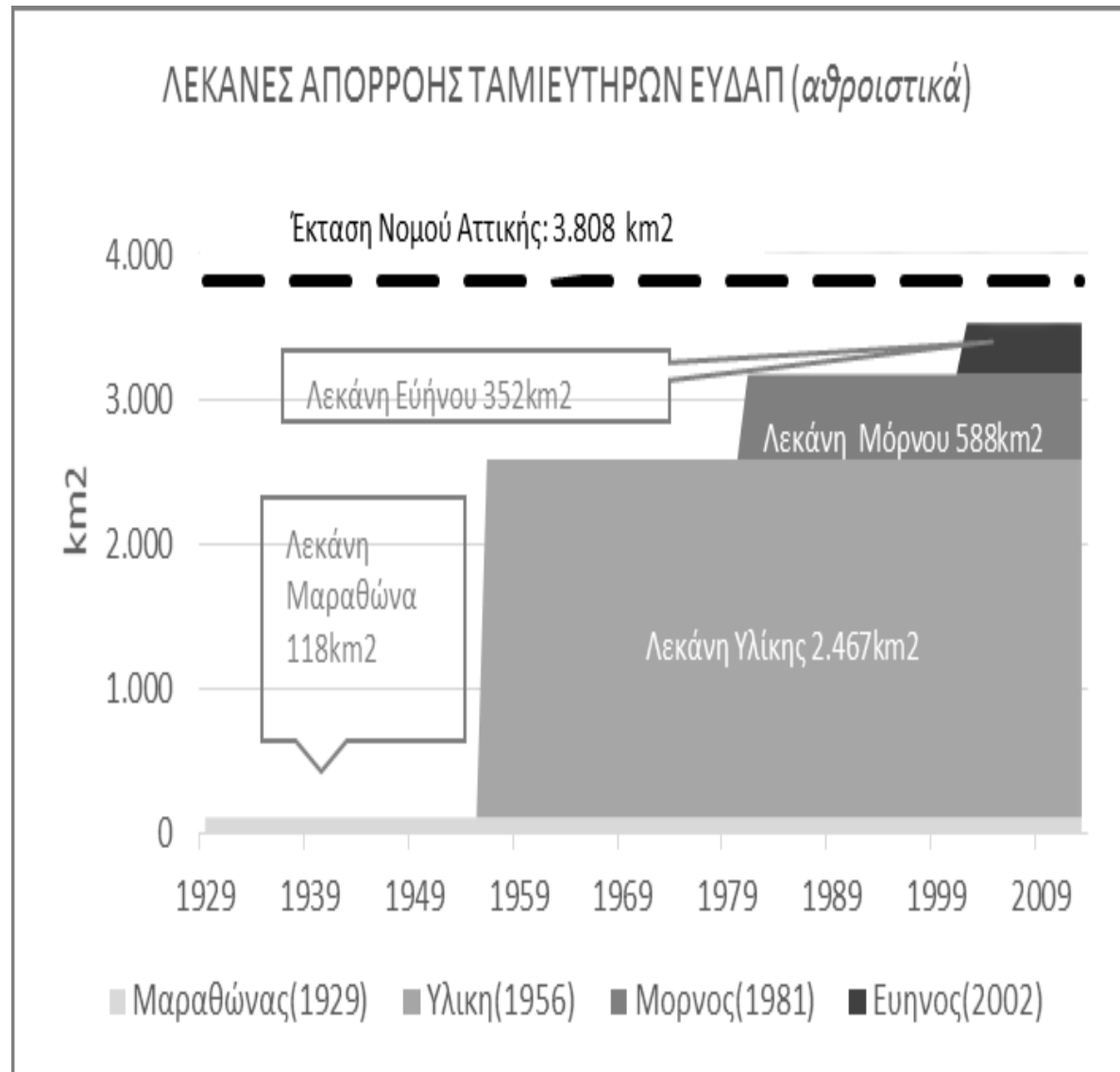
λύσεις, συμβάλλουν θετικά στην αξιοπιστία του συστήματος, στις συνήθεις συνθήκες λειτουργίας αλλά και στην κάλυψη περιπτώσεων έκτακτων αναγκών, είτε αυτές οφείλονται σε φαινόμενα ξηρασίας είτε σε άλλους λόγους, όπως τα περιστατικά βλαβών. Από την άλλη πλευρά, η δυνατότητα εναλλακτικών λύσεων εγείρει την ανάγκη ορθής επιλογής της καλύτερης κάθε φορά λύσης και συνακόλουθα της χρήσης προχωρημένων μεθόδων διαχείρισης βασισμένων σε τεχνικές βελτιστοποίησης.



Εικόνα 22: Σχηματοποίηση του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας
(Μαμάσης, και συν., 2007)

Για να γίνει κατανοητό το μέγεθος των έργων και των αντίστοιχων επεμβάσεων από την ίδρυσή της μέχρι σήμερα θα παρατεθούν δύο σχήματα (εικόνες 23 και 24) με συγκριτικά «γεωμετρικά» μεγέθη της υδροδοτούμενης Αττικής και αντίστοιχων

«γεωμετρικών» μεγεθών των έργων καθώς αθροίζονταν στην πορεία του χρόνου για τα έτη από 1929 μέχρι και το 2014.



Εικόνα 23: Σύγκριση συνόλου επιφανείας Λεκανών Απορροής Ταμιευτήρων και έκτασης Αττικής
(πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Συμπερασματικά η Ε.ΥΔ.Α.Π., ‘δέσμευσε’ περιοχές συνολικής έκτασης όση η Αττική και 9 φορές μακριά όση η «διάμετρος» της Αττικής για να ικανοποιήσει τις ανάγκες ύδρευσης. Με δεδομένο ότι ο Νομός Αττικής αντιστοιχεί στο 2,9% (9ος από 51 νομούς) της έκτασης της χώρας αντιλαμβανόμαστε τη «σκληρότητα» του ιστορικού μονοπατιού ανάπτυξης του υδροδοτικού της Αθήνας.

3.2 Θεσμικό πλαίσιο

Με το Νόμο 2744/1999 αναδιοργανώθηκε η Εταιρεία Υδρεύσεως και Αποχετεύσεως Πρωτεύουσας (Ε.ΥΔ.Α.Π. Α.Ε.) με σκοπό τη βελτίωση των προσφερομένων από αυτήν υπηρεσιών. Παράλληλα, έγινε εισαγωγή της εταιρείας στο Χρηματιστήριο Αξιών Αθηνών με δυνατότητα διάθεσης μετοχών μέχρι ποσοστού 49%. Έτσι, η Ε.ΥΔ.Α.Π. διατηρεί το δημόσιο χαρακτήρα της.

Το άρθρο 1 του εν λόγω νόμου καθορίζει το νομικό καθεστώς της Ε.ΥΔ.Α.Π.. Ειδικότερα, στην §4 του άρθρου αυτού καθορίζονται οι σκοποί της εταιρείας:

Στους σκοπούς της Εταιρείας περιλαμβάνονται ιδίως,

α. Η παροχή υπηρεσιών ύδρευσης και αποχέτευσης, η μελέτη, κατασκευή εγκατάσταση, λειτουργία, εκμετάλλευση, διαχείριση, συντήρηση, επέκταση και ανανέωση των συστημάτων ύδρευσης και αποχέτευσης. Στις δραστηριότητες και τα έργα αυτά συμπεριλαμβάνονται η άντληση, αφαλάτωση, επεξεργασία, αποθήκευση, μεταφορά, διανομή και διαχείριση των προς τους σκοπούς αυτούς αποδιδόμενων υδάτων πάσης φύσεως, καθώς και τα έργα και οι δραστηριότητες συλλογής, μεταφοράς, επεξεργασίας, αποθήκευσης και διαχείρισης των πάσης φύσεως λυμάτων (πλην των τοξικών) και η επεξεργασία, διανομή, διάθεση και διαχείριση των προϊόντων των δικτύων αποχετεύσεως.

β. Η πραγματοποίηση επενδύσεων σύμφωνα με τις παραγράφους 6 και 7 του παρόντος άρθρου.

Το άρθρο 2 που αναφέρεται στα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις της Ε.ΥΔ.Α.Π. (§1) ορίζει (μεταξύ άλλων) ότι,

Χορηγείται στην Ε.ΥΔ.Α.Π. το αποκλειστικό δικαίωμα παροχής υπηρεσιών ύδρευσης και αποχέτευσης στη γεωγραφική περιοχή της §1 του άρθρου 8 και ειδικότερα: α) αντλήσεως, συλλογής, αφαλατώσεως, αποθηκεύσεως, μεταφοράς, επεξεργασίας, διανομής και διαχειρίσεως ύδατος πάσης χρήσεως, και β) της συλλογής, μεταφοράς, επεξεργασίας, αποθηκεύσεως, διαθέσεως και διαχειρίσεως αποβλήτων και άλλων λυμάτων, εξαιρουμένων των τοξικών. Το δικαίωμα αυτό είναι ανεκχώρητο και αμεταβίβαστο.

Στο ίδιο άρθρο (§2) προβλέπεται η σύναψη σύμβασης μεταξύ Ε.ΥΔ.Α.Π. και Ελληνικού Δημοσίου για τον καθορισμό των λεπτομερειών άσκησης του παραπάνω δικαιώματος.

Εξ άλλου, για την έρευνα και τη συλλογή του νερού, το οποίο είναι κοινωνικό αγαθό, την ευθύνη διατηρεί σύμφωνα με το νόμο το Ελληνικό Δημόσιο. Το Ελληνικό Δημόσιο διατηρεί, επίσης, την ευθύνη για τη μελέτη και την κατασκευή των απαραίτητων έργων ώστε να διαθέτει τις αναγκαίες για την ύδρευση ποσότητες νερού στην Ε.ΥΔ.Α.Π.. Για το σκοπό αυτό ιδρύεται Νομικό Πρόσωπο Δημοσίου Δικαίου (ΝΠΔΔ) με την επωνυμία «Εταιρεία Παγίων Ε.ΥΔ.Α.Π.» (ΕΠΕ.ΥΔ.Α.Π.) το οποίο τελεί υπό την εποπτεία του Υπουργού Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων (άρθρο 4 του νόμου). Στην ιδιοκτησία της ΕΠΕ.ΥΔ.Α.Π. περιέρχονται τα πάγια στρατηγικής σημασίας, όπως τα φράγματα Μόρνου και Μαραθώνα, και τα έργα και οι εγκαταστάσεις της Υλίκης. Στο ίδιο νομικό πρόσωπο θα περιέλθει και η ιδιοκτησία του έργου του Εύηνου όταν αυτό παραληφθεί οριστικά. Με τον τρόπο αυτό, τα πάγια στρατηγικής σημασίας παραμένουν στην απόλυτη ιδιοκτησία του δημοσίου. Τα της οργάνωσης και διοικήσεως της ΕΠΕ.ΥΔ.Α.Π. θα ρυθμισθούν με Προεδρικό Διάταγμα.

Το άρθρο 6 καθορίζει τις υποχρεώσεις του Δημοσίου και αναφέρει (§1, μεταξύ άλλων) ότι,

Το Δημόσιο διαθέτει ακατέργαστο ύδωρ στην Ε.ΥΔ.Α.Π. ώστε να εξασφαλίζεται η εύλογη κατανάλωση ύδατος εκ μέρους των καταναλωτών της και να είναι σε θέση η Ε.ΥΔ.Α.Π. να ανταποκριθεί

στις υποχρεώσεις παροχής υπηρεσιών ύδρευσης. Η ποσότητα, η ποιότητα και η μέθοδος παροχής του ακατέργαστου νερού θα καθορίζεται στη σύμβαση της §2 του άρθρου 2. Με την ίδια σύμβαση ορίζεται το ύψος του τιμήματος που καταβάλλεται από την Ε.ΥΔ.Α.Π. για τη διάθεση σε αυτή του ακατέργαστου ύδατος, το οποίο αποδίδεται στην «Εταιρεία Παγίων Ε.ΥΔ.Α.Π.».

Στη συνέχεια, στο ίδιο άρθρο, καθορίζονται και επιμερίζονται οι αρμοδιότητες του Δημοσίου,

Το Υπουργείο Ανάπτυξης μεριμνά για την έρευνα και τη συλλογή του ύδατος αυτού και το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων για τη μελέτη, κατασκευή και λειτουργία νέων έργων και για τη λειτουργία, συντήρηση και επέκταση υφιστάμενων έργων προς το σκοπό εκπλήρωσης της υποχρέωσής του αυτής σύμφωνα με τα οριζόμενα στο ν. 1739/1987. Η «Εταιρεία Παγίων Ε.ΥΔ.Α.Π.» έχει την ευθύνη για τη λειτουργία και συντήρηση των παγίων που θα μεταβιβασθούν δυνάμει των §1, 2 και 3 του άρθρου 4 του παρόντος. Το σύνολο ή τμήμα των εργασιών λειτουργίας και συντήρησης των παγίων αυτών μπορεί να ανατίθεται στην Ε.ΥΔ.Α.Π. έναντι εύλογης αμοιβής. Κατ' εξαίρεση για τη λειτουργία και συντήρηση υδραγωγείων ή άλλων εκ των παγίων, τα οποία ενδεχομένως θα μεταβιβασθούν, είναι υπεύθυνη η Ε.ΥΔ.Α.Π., εφόσον η τελευταία ζητήσει να αναλάβει τη λειτουργία και συντήρησή τους με δικές της δαπάνες.

Επίσης, το Δημόσιο διατηρεί την αρμοδιότητα καθορισμού τιμολογίων στα πλαίσια της κυβερνητικής πολιτικής. Ειδικότερα, με το άρθρο 3 η αρμοδιότητα αυτή ανατίθεται από κοινού στους Υπουργούς Οικονομικών και Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων μετά από γνώμη του Διοικητικού Συμβουλίου της Ε.ΥΔ.Α.Π.. Προβλέπεται ότι τα τιμολόγια θα καθορίζονται ανά πενταετία και σε τρόπο ώστε να διασφαλίζεται η εύλογη απόδοση των επενδύσεων της Ε.ΥΔ.Α.Π. και η χρηματοδότηση των δραστηριοτήτων της με ορθολογικό τρόπο.

Σε εφαρμογή της σχετικής πρόβλεψης του Νόμου 2744/1999 (άρθρο 2, §2) έχει συναφθεί και υπογραφεί σύμβαση μεταξύ του Ελληνικού Δημοσίου και της Ε.ΥΔ.Α.Π. που ισχύει από τις 25-10-1999 (ΥΠΕΧΩΔΕ/Ε.ΥΔ.Α.Π., 1999). Τα σχετικά με την προμήθεια ανεπεξέργαστου νερού ξοστην παράγραφο 1 του άρθρου 15 της σύμβασης, η οποία αναφέρει τα εξής,

Α. Καθορισμός ποσότητας ακατέργαστου ύδατος και του οφειλόμενου τιμήματος.

Το Δημόσιο προμηθεύει την Ε.ΥΔ.Α.Π. με ακατέργαστο ύδωρ από τις εκάστοτε υπάρχουσες πηγές, ώστε να εξασφαλίζεται η εύλογη κατανάλωση ύδατος εκ μέρους των καταναλωτών της και να είναι σε θέση η Ε.ΥΔ.Α.Π. να ανταποκριθεί στις υποχρεώσεις παροχής υπηρεσιών ύδρευσης.

Το τίμημα του ακατέργαστου ύδατος για την πρώτη πενταετία από την έναρξη ισχύος της παρούσης, συμψηφίζεται με το κόστος υπηρεσιών που προσφέρει η Ε.ΥΔ.Α.Π. για τη συντήρηση και λειτουργία των παγίων που ανήκουν κατά κυριότητα στην «Εταιρεία Παγίων Ε.ΥΔ.Α.Π.».

Το προαναφερθέν συμψηφιζόμενο κόστος λειτουργίας και συντήρησης αναφέρεται στη συνήθη συντήρηση και δεν αφορά μεμονωμένες επεμβάσεις, ανακαινίσεις, αντικαταστάσεις, προμήθειες ή επιμέρους νέα έργα δαπάνης για το καθένα μεγαλύτερης των 50.000.000 δρχ. Τα έργα αυτά δύνανται να σχεδιάζονται και να εκτελούνται από την Ε.ΥΔ.Α.Π. με ιδιαίτερη συμφωνία και χρηματοδότηση από το ΥΠΕΧΩΔΕ πέραν του συμψηφιζόμενου κόστους συντήρησης.

Στο ως άνω συμψηφιζόμενο κόστος συντήρησης δεν περιλαμβάνεται επίσης η συντήρηση και λειτουργία παγίων αντιπλημμυρικής προστασίας ομβρίων υδάτων, το οποίο δύναται να συμφωνείται με χωριστή σύμβαση, σύμφωνα με το άρθρο 6 §2 και 3 του Νόμου.

Η Ε.ΥΔ.Α.Π. αναλαμβάνει επί πλέον την υποχρέωση, στο πλαίσιο του τιμήματος να καταβάλλει στην «Εταιρεία Παγίων Ε.ΥΔ.Α.Π.», το κόστος της ετήσιας λειτουργίας της (αμοιβές προσωπικού και έξοδα λειτουργίας) μέχρι του ύψους των εκατόν πενήντα εκατομμυρίων (150.000.000) δρχ. ετησίως κατ' ανώτατο όριο. Η Ε.ΥΔ.Α.Π. αναλαμβάνει επίσης την ευθύνη, μετά από υπόδειξη της «Εταιρείας Παγίων Ε.ΥΔ.Α.Π.», για τη σύνταξη μελετών που αφορούν την ασφαλή κατάσταση των παγίων στοιχείων της «Εταιρείας Παγίων Ε.ΥΔ.Α.Π.».

Η τιμή του ακατέργαστου ύδατος μετά την πρώτη πενταετία, καθορίζεται με έγγραφη συμφωνία των μερών, ταυτόχρονα με το κόστος συντήρησης και λειτουργίας των παγίων, σε συνάρτηση με την τιμολογιακή πολιτική, και λαμβάνοντας υπόψη οπωσδήποτε την τιμή πώλησης του ακατέργαστου ύδατος προς τρίτους από την Ε.ΥΔ.Α.Π..

Η Ε.ΥΔ.Α.Π. αναλαμβάνει την υποχρέωση να συντάξει Σχέδιο Διαχείρισης των διαθεσίμων συστημάτων παροχής ακατέργαστου ύδατος και να το υποβάλει προς έγκριση στον εποπτεύοντα την Ε.ΥΔ.Α.Π. Υπουργό εντός ενός έτους από της ισχύος της παρούσης σύμβασης. Σε περίπτωση που με βάση το σχέδιο αυτό απαιτείται η απόληψη νερού και από τα υπάρχοντα συστήματα πέραν των ταμιευτήρων Ευήνου, Μόρνου και Μαραθώνα η Ε.ΥΔ.Α.Π. δικαιούται πρόσθετη αποζημίωση, ανάλογη με την επιβάρυνση του κόστους λειτουργίας, που θα επιφέρει η τροποποίηση αυτή και που θα ρυθμιστεί με ιδιαίτερη συμφωνία.

Β. Μέθοδος παροχής ακατέργαστου ύδατος

Το ακατέργαστο ύδωρ θα παραδίδεται στο σημείο εισόδου των Μονάδων Επεξεργασίας Νερού (ΜΕΝ).

Η Ε.ΥΔ.Α.Π. κατά την πρώτη πενταετία που έχει την ευθύνη συντήρησης των εξωτερικών υδραγωγείων, οφείλει να τηρεί

στοιχεία παροχής του ύδατος επί μηνιαίας βάσεως, τόσο στο σημείο εισόδου των ΜΕΝ όσο και στις εξόδους των συστημάτων παροχής ακατέργαστου ύδατος (έξοδος Γκιώνας, έξοδος σήραγγας Μπογιατίου, αντλιοστάσιο Μουρικού). Τα στοιχεία των ανωτέρω μετρήσεων θα παραδίδονται στην «Εταιρεία Παγίων Ε.ΥΔ.Α.Π.».

Γ. Ποιότητα ακατέργαστου ύδατος

Το ακατέργαστο ύδωρ που προμηθεύεται η Ε.ΥΔ.Α.Π. από το Δημόσιο και προέρχονται από επιφανειακά και υπόγεια νερά κατατάσσεται στην κατηγορία Α2 σύμφωνα με την Οδηγία ΕΚ (75/440/ΕΟΚ) «Περί της ποιότητας που απαιτείται για το επιφανειακό νερό που προορίζεται για την εξαγωγή πόσιμου νερού».

Το Δημόσιο προβαίνει σε δειγματοληψία και αναλύει / ελέγχει το ακατέργαστο νερό σε μηνιαία βάση και δίνει αντίγραφα των δεδομένων σε ηλεκτρονική μορφή στην Ε.ΥΔ.Α.Π..

3.3 Σκοπός του σχεδίου διαχείρισης

Οι τελευταίες ξηρασίες που έπληξαν την χώρα κατά την περίοδο 1988 έως και 1993, σε συνδυασμό με την αδράνεια του κρατικού μηχανισμού, είχαν ως συνισταμένη τεράστιες οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Εν συνεχεία, από το 2001 μέχρι και σήμερα διανύουμε μια περίοδο σχετικά υγρών ετών με υπέρμετρο μέσο όρο βροχοπτώσεων, παρέχοντας περίσσεια υδάτινων πόρων στην χώρα μας, δημιουργώντας έναν ψευδή εφησυχασμό ή διαφορετικά μια αίσθηση ενός λανθάνοντος κινδύνου για μια μελλοντική ξηρασία. Όμως εφησυχασμός δεν δικαιολογείται, καθώς όπως ήδη γνωρίζουμε μέσα από το παρόν πόνημα, η εκδήλωση του φαινομένου της ξηρασίας είναι περιοδική και απρόβλεπτη. Για το λόγο αυτό είναι επιτακτική η ανάγκη σύνταξης και εφαρμογής ενός δυναμικού Σχεδίου Διαχείρισης των Υδάτινων Πόρων, το οποίο θα αναθεωρείται ανά τακτά χρονικά διαστήματα (Σ.Δ.Υ.Π.).

Το πρώτο Σ.Δ.Υ.Π. καταρτίστηκε τον Οκτώβριο του 2000, για το υδρολογικό έτος 2000 - 2002, σε εφαρμογή της σχετικής πρόβλεψης του άρθρου 15 της σύμβασης

μεταξύ του Ελληνικού Δημόσιου και της Ε.ΥΔ.Α.Π., από τα όργανα Ε.ΥΔ.Α.Π., ΕΠΕΥΔΑΠ. και συναρμόδιων Υπουργείων και πρόβλεπε,

- ✓ Την παροχή ακατέργαστου νερού από το Ελληνικό Δημόσιο προς την Ε.ΥΔ.Α.Π.
- ✓ Την τιμολόγηση του ακατέργαστου νερού.
- ✓ Την παροχή υπηρεσιών ύδρευσης.
- ✓ Την μελέτη ορθολογικών, αποδοτικών και βιώσιμων τρόπων και μυθολογιών διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος.
- ✓ Την ποσοτικά αξιόπιστη, ποιοτικά και περιβαλλοντικά ασφαλή και οικονομικά προσιτή πρόσφορη κάλυψη της ζήτησης του υδρευτικού νερού στην περιοχή αρμοδιότητας της Εταιρείας, μέσα από την κατάλληλη αξιοποίηση των υδάτινων πόρων που διατίθενται.

Η δεύτερη Σ.Δ.Υ.Π. έγινε δυο έτη μετά δηλαδή το έτος 2002 (υδρολογικό έτος 2002 – 2004), η τρίτη συντάχτηκε το 2004 (υδρολογικό έτος 2004 – 2006), με τη βοήθεια του ιδρύματος Ε.Μ.Π. και τέλος, το 2006 πραγματοποιήθηκε η τελευταία που ισχύει έως και σήμερα από τους μηχανικούς της εταιρείας ύδρευσης (Ε.ΥΔ.Α.Π.), η οποία αναθεωρείται ετησίως.

Βασική προϋπόθεση της Σ.Δ.Υ.Π. είναι η μελέτη του ισοζυγίου μεταξύ αφενός της ζήτησης του νερού και των τάσεων της και αφετέρου της φυσικής προσφοράς των υδάτινων πόρων και της μεταβλητότητας της. Επίσης, προϋπόθεση αποτελεί και η μελέτη των οικονομικών παραμέτρων που αφορούν στη λειτουργία του συστήματος, π.χ. κόστος μεταφοράς νερού, αλλά και στη τιμολόγηση των υπηρεσιών ύδρευσης και της σχέσης των τιμολογίων και της ζήτησης νερού.

Οι τρόποι και μεθοδολογίες διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος αναφέρονται πρωτίστως στη λειτουργία του υφιστάμενου υδροδοτικού συστήματος και αφορούν στη ρύθμιση της ροής κατάντη των ταμιευτήρων, στον επιμερισμό της απόληψης νερού ανά κύρια, δευτερεύουσα ή εφεδρική πηγή, και στη μεταφορά νερού μέσω του δικτύου εξωτερικών υδραγωγείων. Μπορεί επίσης να αναφέρονται και σε πρόσθετα έργα με σκοπό την ενίσχυση του υδροδοτικού συστήματος, εφόσον αυτά απαιτούνται.

Οι επιζητούμενοι τρόποι διαχείρισης θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από τρία στοιχεία, την ορθολογικότητα, δηλαδή να είναι επιστημονικά θεμελιωμένοι, την αποδοτικότητα, δηλαδή να αξιοποιούν τους υδατικούς πόρους στο μέγιστο δυνατό βαθμό, και τη βιωσιμότητα, δηλαδή να μη δημιουργούν πρόβλημα εξάντλησης των υδατικών πόρων στο μέλλον για την κάλυψη των αναγκών του σήμερα.

Εξ άλλου, η κάλυψη της ζήτησης πρέπει να γίνεται με αξιοπιστία με την έννοια δηλαδή της μείωσης της πιθανότητας μη κάλυψης της απαιτούμενης ποσότητας νερού σε πολύ μικρά και αποδεκτά επίπεδα. Η έννοια της αξιοπιστίας αναφέρεται πρωτίστως στη μείωση της αβεβαιότητας που προκαλεί η μεταβλητότητα της φυσικής προσφοράς υδατικών πόρων (ξηρασίες) αλλά περιλαμβάνει και άλλες πηγές αβεβαιότητας όπως τα δυσμενή έκτακτα περιστατικά (βλάβες) στα έργα του συστήματος.

Επίσης, η κάλυψη της ζήτησης πρέπει να γίνεται με νερό ασφαλούς ποιότητας και χωρίς να δημιουργεί προβλήματα στο περιβάλλον (οικοσυστήματα) λόγω υπέρμετρης αποστέρησης νερού, προκειμένου αυτό να διατεθεί στην υδρευτική χρήση. Τέλος, η κάλυψη της ζήτησης θα πρέπει να γίνεται με οικονομικά πρόσφορο τρόπο.

3.4 Το υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας

Ως υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας (εικόνα 25), ορίζεται το σύστημα που περιλαμβάνει τα παρακάτω στοιχεία:

- ✓ Υδατικούς πόρους, επιφανειακούς και υπόγειους.
- ✓ Έργα αποθήκευσης επιφανειακού νερού (ταμιευτήρες, φράγματα, δεξαμενές).
- ✓ Έργα άντλησης υπόγειου νερού (γεωτρήσεις).
- ✓ Υδραγωγεία, έργα διαχείρισης υδραγωγείων (αντλιοστάσια, ρυθμιστές ροής).
- ✓ Μονάδες επεξεργασίας νερού.

Πίνακας 7: Υπόγειοι υδάτινοι πόροι (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Υδροφορέας	Πλήθος Γεωτρήσεων Ε.ΥΔ.Α.Π.	Ετήσια Αντλητική Ικανότητα (hm ³)
Μέσου ρου Β. Κηφισού	16	25
Υλίκης	33	20
Β.Α. Πάρνηθα	34	43

3.4.2 Ταμιευτήρες

Από τους ταμιευτήρες, μόνο αυτός της Υλίκης είναι φυσικός και χρησιμοποιείται σήμερα ως βοηθητικός υδατικός πόρος. Ο ταμιευτήρας του Μαραθώνα χρησιμοποιείται κυρίως για την αποθήκευση νερού, για λόγους ασφαλείας λόγω της εγγύτητας του στην Αθήνα. Οι μέγιστες ετήσιες ιστορικές απολήψεις από την Ε.ΥΔ.Α.Π. φαίνονται στον πίνακα 8. Τα κύρια χαρακτηριστικά των ταμιευτήρων και των φραγμάτων που έχουν κατασκευαστεί φαίνονται στους πίνακες 9 και 10.

Πίνακας 8: Μέγιστες ετήσιες απολήψεις από ταμιευτήρες (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Ταμιευτήρες	Μέση ετήσια απόληψη (hm ³)	Υδρολογικό έτος
Μόρνος	423	1999 - 2000
Μαραθώνας	105	2001 – 2002
Υλίκη	176	1988 - 1989

Πίνακας 9: Χαρακτηριστικά ταμιευτήρων (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Ονομασία	Μέγιστη επιφάνεια (km ²)	Ολική χωρητικότητα (hm ³)	Ωφέλιμη χωρητικότητα (hm ³)	Στάθμη υπερχείλισης (m)	Κατάσταση στάθμη υδροληψίας (m)
Μόρνος	19,93	763,71	630,23	435,00	384,00
Εύηνος	3,60	137,63	112,05	505,00	458,30
Υλίκη	27,74	594,75	584,75	79,80	43,50
Μαραθώνας	2,57	42,85	32,20	224,00	204,40

Πίνακας 10: Χαρακτηριστικά φραγμάτων (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Ονομασία	Υψος από την θεμελίωση (m)	Υψόμετρο στέψης (m)	Μήκος στέψης (m)
Μόρνος	139	446,5	815
Εύηνος	127	519,0	600
Μαραθώνα	47	227,0	285

3.4.3 Υπόγειοι υδροφορείς και γεωτρήσεις

Η Ε.ΥΔ.Α.Π. έχει εγκαταστήσει περισσότερες από 100 γεωτρήσεις, οι οποίες λειτουργούν σε ομάδες και χρησιμοποιούνται σήμερα εφεδρικά. Μπορούν να διακριθούν ως προς την σημερινή τους λειτουργία σε κύριες και άλλες. Οι γεωτρήσεις έχουν συνολική ισχύ 24.915Hr και συνολική αντλητική ικανότητα 800.000 m³/ημέρα (Ε.ΥΔ.Α.Π., 1995).

Τα κύρια χαρακτηριστικά των ομάδων των γεωτρήσεων φαίνονται στον πίνακα 11 (Ε.ΥΔ.Α.Π., 1996).

Πίνακας 11: Ομάδες γεωτρήσεων (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π., 1995)

Ονομασία	Πλήθος γεωτρήσεων	Εγκατεστημένη ισχύς (Hr)	Αντλητική ικανότητα (x1.000m ³ /ημέρα)
Β.Α. Πάρνηθας			
Μαυροσουβάλας	20	6.110	140
Βίλιζας (10 ^{ου} Σίφωνα)	7	1.740	23
No.3	4	760	13
Αυλώνα	3	570	11
Υλίκη			
Ούγγρων	11	1.800	70
Ν.Δ. Υλίκης	14	1.800	70
Ταξιαρχών	8	1.200	46
Μέσου ρου Β. Κηφισού			
Βασιλικών - Παρορίου	16	4.500	156

3.4.4 Υδραγωγεία

Οι αγωγοί μεταφοράς διακρίνονται σε κύρια, ενωτικά και βοηθητικά υδραγωγεία, με συνολικά μήκη 310,7km, 104,7km και 80,1km, αντίστοιχα. Στον πίνακα 12 (Ε.ΥΔ.Α.Π., 1996) φαίνονται τα υδραγωγεία κατά κατηγορία.

Πίνακας 12: Χαρακτηριστικά υδραγωγείων (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π., 1996)

Όνομα	Διώριγες (m)	Σίφωνες (m)	Σήραγγες (m)	Κλειστοί αγωγοί (m)	Σύνολο (m)
Κύρια					
Μαραθώνα – Γαλατσίου			15.785	5.764	21.550
Κακοσάλεσι	362	1.350	9.325	12.769	23.810
Υλίκης	23.385	7.500	3.000	3.800	37.690
Μόρνου	109.900	7.000	70.700		187.600
Ευήνου			29.000		29.000
Ενωτικά					
Κιούρκων – Μενιδίου				21.655	21.650
Μαραθώνα (Μόρνος – Βίλιζα)	5.720	2.680		9.450	17.850
Διστόμου (Κωπαΐδα – Μόρνος)				19.000	19.000
Δαυλείας – Υλίκης	14.000			26.800	40.800
Κρεμμάδας - Κλειδιού		2.500		2.800	5.350
Βοηθητικά					
Φράγματος Κακοσάλεσι			800	2.200	30.000
Παράκαμψη Φ900 Βίλιζας				12.700	1.270
Παράκαμψη Φ1900				1.400	1.400
Μαλακάσας					
Πλωτού Υλίκης				5.170	5.170
Γεωτρήσεων Βασιλικών - Παρορίου	2.402			5.381	7.780

Γεωτρήσεων Ν.Δ. Υλίκης	5.189	3.985		150	9.320
Γεωτρήσεων Ταξιάρχων				4.840	4.840
Γεωτρήσεων Ούγγρων - Μουρικίου				7.615	7.620
Γεωτρήσεων Βίλιζας				1.450	1.450
Σύνολα	160.958	25.015	128.610	154.103	468.690

3.4.4.1 Περιγραφή υδραγωγείων

Το υδραγωγείο Μόρνου (εικόνες 26 & 27) μεταφέρει νερό από τον ταμιευτήρα του Μόρνου στις μονάδες επεξεργασίας Μάνδρας και Μενιδίου. Συνδέεται με το υδραγωγείο Υλίκης στη θέση Δαφνούλα μέσω του ενωτικού υδραγωγείου Μαραθώνα. Αποτελείται από:

α) 15 σήραγγες διαμέτρων 3.6 έως 4m. Εννέα από αυτές λειτουργούν υπό πίεση (Γκιώνας, Κίρφης, Ελικώνα Α', Κιθαιρώνα, Άμφισσας, Μοναστηρίου, Αγ. Νικολάου, Κυριακίου, Θίσβης) και έξι με ελεύθερη ροή (Κασταλίας, Δελφών, Διστόμου, Ελικώνα Β', Ταξιάρχων, Προδρόμου). Οι σήραγγες Γκιώνας, Κίρφης, Ελικώνα Α' και Κιθαιρώνα καταλήγουν σε έργα καταστροφής ενέργειας (ΕΚΕ)⁷. Στο έργο της Γκιώνας για παροχή μεγαλύτερη από 7m³/s λειτουργεί υδροηλεκτρικός σταθμός της ΔΕΗ (ισχύς 13MW).

β) 12 σίφωνες μήκους 7km. Οι έξι ανάντη του όρους Κιθαιρώνας (Άμφισσας, Σ36, Σ38, Διστόμου, Καλογερικού, Ελικώνα) είναι δίδυμοι χαλύβδινοι αγωγοί, επενδυμένοι με οπλισμένο σκυρόδεμα, με διάμετρο 2,55m και παροχετευτικότητα 23m³/s. Οι άλλοι έξι (Σ163, Σ168, Σ174, Χασιάς, Σ183, Σ188) κατάντη Κιθαιρώνα, έχουν διαμέτρους 2,55-3,20m και συνολική παροχετευτικότητα 11m³/s.

⁷ Η Ε.Υ.Δ.Α.Π. ΑΕ λειτουργεί τα εκτενέστερα δίκτυα για την μεταφορά και διανομή νερού στη χώρα. Με δεδομένο το έντονο γεωγραφικό ανάγλυφο της χώρας, ακόμη και στον πιο προσεχτικό σχεδιασμό, είναι προφανές ότι κατά την υλοποίηση των αντίστοιχων έργων προκύπτουν σημεία ασυνέχειας της υδροστατικής γραμμής στα δίκτυα. Στα σημεία αυτά είναι απαραίτητη η καταστροφή της πλεονάζουσας ενέργειας. Συγκεκριμένα, στα Υδραγωγεία Αδιύλιστου ύδατος και όπου το ανάγλυφο της περιοχής το απαιτούσε, κατασκευάστηκαν 9 Έργα Καταστροφής Ενέργειας (ΕΚΕ).

Οι άλλες δεκατρείς διώρυγες έχουν αυτοευσταθείς ορθογωνικές διατομές, με κλίση εσωτερικών πρανών 5:1 και διαστάσεις: 4,00/5,80/4,45m (Άμφισσας, Χρισσού, Κίρφη, Άσπρων Σπιτιών, Κυριακίου, Ελικώνα Α', Ελικώνα Β', Προδρόμου), 5,00/6,80/4,45m (Δελφών Α', Δελφών Β', Ταξιαρχών Α', Ταξιαρχών Β') και 6,00/7,35/3,40 m (Θίσβης-Ελλοπίας).

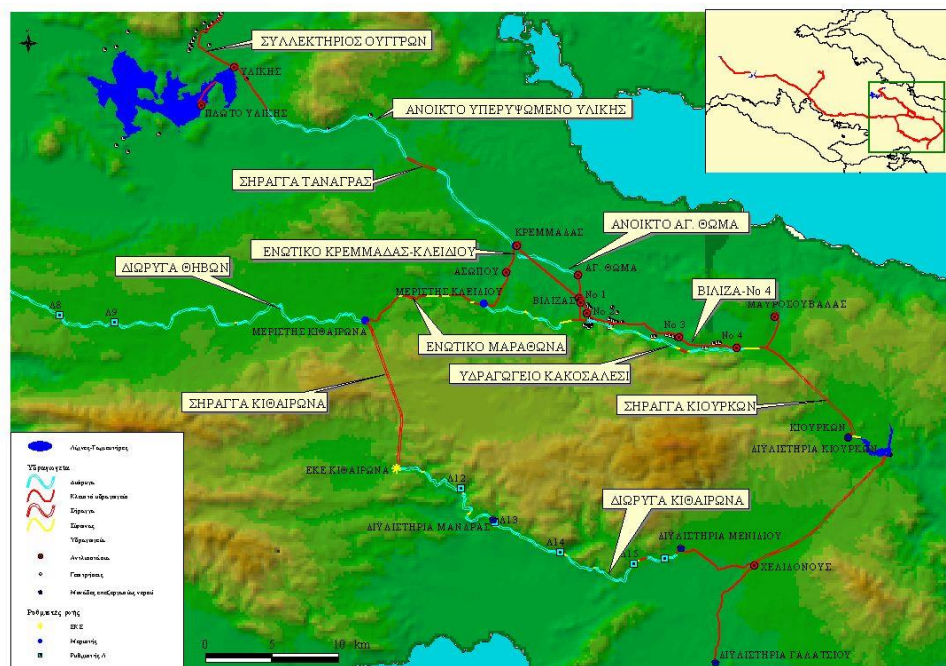


υδραγωγείο Μαραθώνα μέσω του ενωτικού υδραγωγείου Κρεμμάδας-Κλειδιού.

2. Δύο σίφωνες, διαμέτρου 1300mm έως το αντλιοστάσιο Βίλιζας.
3. Καταθλιπτικό χαλύβδινο αγωγό διαμέτρου 900mm και μήκους 13km από το αντλιοστάσιο Βίλιζας έως το αντλιοστάσιο N4.
4. Τη σήραγγα Σφενδάλης, το υδραγωγείο Μαλακάσας και χαλύβδινο αγωγό διαμέτρου 1.900mm, παράλληλο με το υδραγωγείο Μαλακάσας έως τη σήραγγα Κιούρκων.
5. Τη σήραγγα Κιούρκων έως τα διυλιστήρια Κιούρκων και τον ταμιευτήρα Μαραθώνα.

Το ενωτικό υδραγωγείο Κρεμμάδας-Κλειδιού είναι αγωγός από προεντεταμένο σκυρόδεμα διαμέτρου 1300mm, και εκτείνεται από τον διαχωριστή Κρεμμάδας έως την δεξαμενή Κλειδιού, μέσω του αντλιοστασίου Ασωπού.

Το ενωτικό υδραγωγείο Μαραθώνα αποτελείται από ένα ανοικτό υδραγωγείο ορθογωνικής διατομής μήκους 7km (από τον μεριστή Κλειδιού έως το υδραγωγείο Κακοσάλεσι) και έναν κλειστό αγωγό διαμέτρου 1.800mm μήκους 9,5km από το μεριστή Κλειδιού έως το υδραγωγείο Μόρνου. Το δεύτερο τμήμα είναι αμφίδρομης ροής.



Εικόνα 27: Υδραγωγείο Υλίκης (πηγή: GIS, Ε.Υ.Δ.Α.Π.)

3.4.4.2 Λειτουργία υδραγωγείων

Η λειτουργία των υδραγωγείων γίνεται με ρυθμιστές ροής και αντλιοστάσια, όπως περιγράφεται στη συνέχεια.

A. Ρυθμιστές ροής

Οι ρυθμιστές ροής βρίσκονται κυρίως στο υδραγωγείο του Μόρνου και διακρίνονται σε έργα καταστροφής ενέργειας, μεριστές και συστήματα ελέγχου τύπου Λ.

Τα Έργα Καταστροφής Ενέργειας (ΕΚΕ) βρίσκονται στις εξόδους των σηράγγων υπό πίεση. Είναι εξοπλισμένα με θυροφράγματα και συνδυάζονται με λεκάνες ηρεμίας κατάντη και πύργους ανάπαλσης⁸ ανάντη. Στο υδραγωγείο Μόρνου υπάρχουν πέντε ΕΚΕ και χωρίζονται σε δύο είδη, σε Βάννες κοίλης φλέβας (Γκιώνας και Κλειδιού) και τοξωτά παράλληλα θυροφράγματα (Κίρφης, Ελικώνα και Κιθαιρώνα). Με τη λειτουργία των Έργων Καταστροφής Ενέργειας (ΕΚΕ) μπορούν να αποθηκευτούν έως $0,7\text{hm}^3$ στο δίκτυο σε περιπτώσεις βλαβών.

Οι μεριστές είναι τέσσερις (Κρεμμάδας, Κλειδιού, Κιθαιρώνα και Χελιδονούς). Ο μεριστής Χελιδονούς είναι σημαντικός κόμβος για το σύστημα αφού χρησιμοποιείται στη διασύνδεση των μονάδων επεξεργασίας.

Οι ρυθμιστές 'τύπου Λ' είναι επίπεδα θυροφράγματα, τα οποία ανοίγουν και κλείνουν ώστε να ρυθμίζεται η παροχή, να απομονώνονται τα κατάντη τμήματα ή να αποθηκεύεται νερό στα ανάντη τμήματα. Τα θυροφράγματα είναι είτε ανοικτά (τελείως ή μερικά), είτε κλειστά οπότε η ροή γίνεται με υπερχειλίση. Στο υδραγωγείο υπάρχουν 24 ρυθμιστές (18 τύπου Λ). Με τη λειτουργία των ρυθμιστών Λ μπορούν να αποθηκευτούν έως $1,15\text{hm}^3$ στο δίκτυο σε περιπτώσεις διακοπής της υδροδότησης.

Οι υπερχειλιστές βρίσκονται ανάντη των σιφώνων και των σηράγγων και αποχετεύουν τις ποσότητες νερού που δεν μπορούν να αποθηκευτούν στο δίκτυο (περίπτωση απότομων μειώσεων της ζήτησης). Οι κύριοι υπερχειλιστές βρίσκονται

⁸ Σκοπός του πύργου αναπάλσης είναι η ελαχιστοποίηση ή εξάλειψη των αρνητικών πιέσεων στον ενωτικό αγωγό.

στις θέσεις Δαφνούλα (ανάντη μεριστή Κιθαιρώνα), Χασιά, Εσχατία (ανάντη της ΜΕΝ Μενιδίου) και στις εισόδους των σηράγγων Κίρφης και Ελικώνα.

Οι εκκενωτές χρησιμεύουν για την εκκένωση τμημάτων των υδραγωγείων σε περιπτώσεις ατυχημάτων ή εργασιών συντήρησης. Συνολικά υπάρχουν 34 εκκενωτές με κυριότερο της Χασιάς (στον Λ14). Αυτός είναι τηλεχειριζόμενος και μπορεί να παροχετεύσει άμεσα ποσότητες νερού από τη διώρυγα Κιθαιρώνα.

Β. Αντλιοστάσια

Τα αντλιοστάσια, με συνολική ισχύ 94.220Hp (Ε.ΥΔ.Α.Π., 1995), χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ροής από τις πηγές υδροληψίας με χαμηλό υψόμετρο (Υλίκη, γεωτρήσεις) προς τον ταμιευτήρα Μαραθώνα και το υδραγωγείο Μόρνου (εικόνα 16).

Μπορούν να διακριθούν σε βασικά και βοηθητικά, με χαρακτηριστικά που φαίνονται στον πίνακα 13. Τα βασικά αντλιοστάσια (κεντρικό Υλίκης, κεντρικό Βίλιζας και Διστόμου), με δεδομένα του 1994 (Ε.ΥΔ.Α.Π., 1995) κατανάλωσαν τα 7/10 της συνολικής από την Ε.ΥΔ.Α.Π. δαπάνης (10,256 εκατ. €, με τιμολόγιο 1995) προς τη ΔΕΗ.

Πίνακας 13: Χαρακτηριστικά αντλιοστασίων (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π., 1995)

Όνομα	Εγκατεστημένη ισχύς (Hp)	Αντλητική ικανότητα (x1.000m ³ /ημέρα)
Υλίκης – Κεντρικό	17.300	560
Βίλιζας	10.000	490
ΑΔ1 – Δαύλειας	7.700	210
ΑΔ2	7.700	210
ΑΔ3	7.700	210
Κρεμμάδας	1.800	310
Ασωπού	9.840	310
Υλίκης – 7 ^η μονάδα	3.600	110
Υλίκης – Πλωτά	4.880	700
Νο.3 – Αυλώνας	3.440	150
Νο.4 – Σφενδάνης	1.000	340

Αγ. Θωμάς (ανενεργό)	4.940	110
Κιούρκων – Αδιύλιστου	3.500	300
Κιούρκων – Διυλισμένο	8.480	210
Μαρκοπούλου	2.340	42
Χελιδονούς	3.440	200

Το κεντρικό αντλιοστάσιο Υλίκης (Μουρικίου) λειτουργεί για στάθμες της λίμνης 71,0-78,5m ενώ για στάθμες από 44,0-71,0m λειτουργεί και το πλωτό αντλιοστάσιο της Υλίκης σε τέσσερις θέσεις (Α',Γ',Ε',Ζ'). Οι θέσεις αυτές συνδέονται με μικρή τεχνητή λίμνη (χωρητικότητας 0,6hm³) στην υδροληψία του κεντρικού αντλιοστασίου και διατηρούν τη στάθμη της πάνω από τα 71m ώστε να λειτουργεί το κεντρικό αντλιοστάσιο. Το αντλιοστάσιο της Υλίκης χρησιμοποιείται και στη μεταφορά του νερού των γεωτρήσεων Ν.Δ. Υλίκης, Ταξιαρχών και Ούγγρων προς το υδραγωγείο Υλίκης.

Το αντλιοστάσιο Βίλιζας χρησιμοποιείται για τη μεταφορά του νερού προς τον ταμιευτήρα Μαραθώνα. Ο συνδυασμός του με τα άλλα μικρότερα αντλιοστάσια της περιοχής (Αγ. Θωμά, Νο.3-Αυλώνας, Νο.4-Σφενδάλης) δίνει παροχετευτική ικανότητα 5,7m³/s.

Τα αντλιοστάσια Διστόμου (ΑΔ1, ΑΔ2, ΑΔ3) μεταφέρουν το νερό από τις γεωτρήσεις Βασιλικών - Παρορίου και το ρέμα Μαυρονερίου προς το υδραγωγείο Μόρνου.

Τα αντλιοστάσια Κρεμμάδας και Ασωπού χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά του νερού από την Υλίκη προς το υδραγωγείο Μόρνου.

Γ. Ρύθμιση ροής στα υδραγωγεία

Η ροή του νερού ρυθμίζεται στα δύο κύρια υδραγωγεία όπως περιγράφεται στη συνέχεια.

Υδραγωγείο Μόρνου

Η στάθμη στο υδραγωγείο καταγράφεται από 73 σταθμήμετρα και οι παροχές υπολογίζονται από τα γεωμετρικά στοιχεία των αγωγών.

Η ρύθμιση της ροής γίνεται από τρία συνεργαζόμενα συστήματα συλλογής δεδομένων, ελέγχου και αποφάσεων που λειτουργούν ως εξής,

Το σύστημα των Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών (Programmed Logical Controllers, PLC) σχηματίζεται από μικροϋπολογιστές τοποθετημένους στις θέσεις ρύθμισης και ελέγχου της ροής που δέχονται και αποθηκεύουν δεδομένα μέτρησης και τα μεταδίδουν στο Σύστημα Εποπτικού Ελέγχου Και Συλλογής Πληροφοριών (Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA). Στο σύστημα αυτό συλλέγονται οι πληροφορίες μέτρησης από τους Ελεγκτές και μεταφέρονται στο Σύστημα Δυναμικής Ρύθμισης που υπολογίζει τις επιθυμητές θέσεις των θυροφραγμάτων με βάση τις συνθήκες στο δίκτυο. Οι τιμές των νέων θέσεων δίνονται στο SCADA που μεταφέρει τις αντίστοιχες εντολές στους Ελεγκτές. Οι Ελεγκτές αφού υλοποιήσουν τις εντολές του SCADA δέχονται νέες μετρήσεις κ.ο.κ.

Οι τηλεχειριζόμενοι ελεγκτές «τύπου Λ» είναι ένδεκα από τους δεκαοκτώ που είναι συνολικά εγκαταστημένοι στο υδραγωγείο.

Υδραγωγείο Υλίκης

Το νερό μεταφέρεται, με άντληση από την Υλίκη (κατώτατη στάθμη υδροληψίας +45m) και τις γεωτρήσεις της περιοχής, στον Μαραθώνα (ανώτατη στάθμη +223m) ή στο υδραγωγείο Μόρνου.

Χρησιμοποιούνται δύο κυρίως αντλιοστάσια, της Υλίκης και της Βίλιζας.

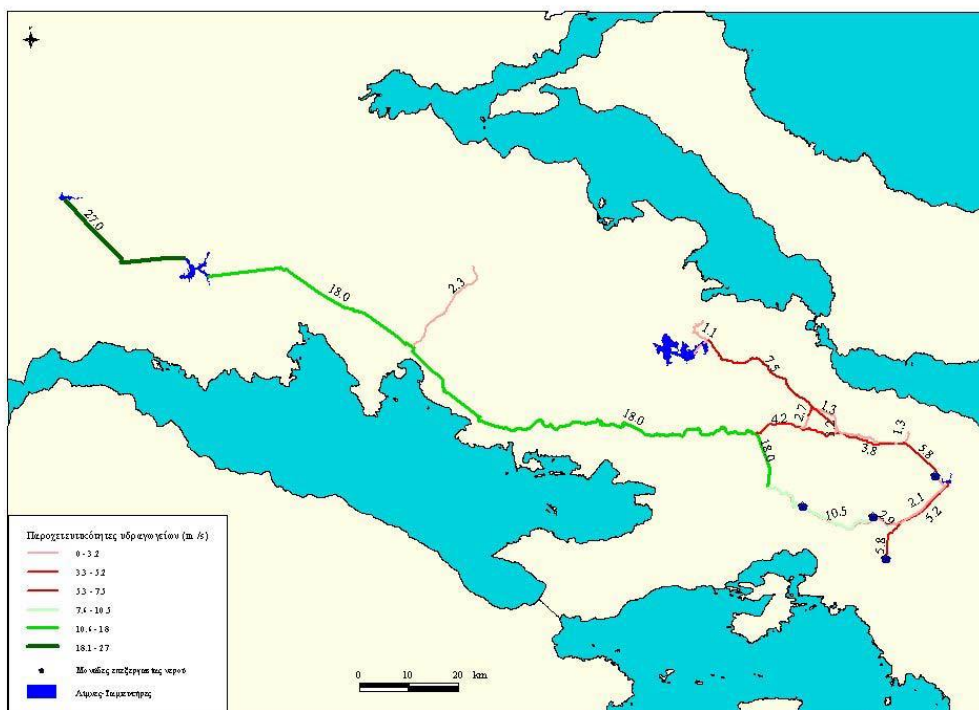
3.4.4.3 Παροχετευτικότητες υδραγωγείων

Οι παροχετευτικότητες των υδραγωγείων (εικόνα 29) παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον πίνακα 14.

Πίνακας 14: Παροχετευτικότητες υδραγωγείων (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Τμήμα Υδραγωγείου	Παροχετευτικότητα (m ³ /s)
Υδραγωγείο Μόρνου	
Υδροληψία Μόρνου – Μεριστής Κιθαιρώνα	18,0
Μεριστής Κιθαιρώνα – Διυλιστήρια Μενιδίου	11,0
Μεριστής Κιθαιρώνα – Κλειδί	4,2

Κλειδί – Μεριστής Κιθαιρώνα	2,3
Υδραγωγείο Υλίκης	
Ούγγρα – Υλίκη	0,5
Μουρίκι – Κρεμμάδα	7,5
Κρεμμάδα – Κλειδί	2,7
Κρεμμάδα – Βίλιζα	4,3
Βίλιζα – Κακοσάλεσι	3,6
Κακοσάλεσι – Βίλιζα	0,4
Δεξαμενή Βίλιζας – Φρέαρ Α	1,7
Δεξαμενή Κακοσάλεσι – Φρέαρ Α	3,7
Φρέαρ Α – Φρέαρ Γ	5,2
Σήραγγα Κιούρκων	5,2
Κιούρκα – ΜΕΝ Κιούρκων	3,5
Άλλα υδραγωγεία	
Μαραθώνας – Χελιδονού	6,5 – 10,0
Χελιδονού - Γαλάτσι	5,8



Εικόνα 28: Παροχρητευτικότητα υδραγωγείων (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π., GIS)

3.4.4.4 Μονάδες επεξεργασίας νερού

Οι μονάδες επεξεργασίας νερού (ΜΕΝ) είναι τέσσερις, με χαρακτηριστικά που παρουσιάζονται στον πίνακα 15.

Πίνακας 15: Εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Όνομα	Υψόμετρο εγκατάστασης (m)	Μέγιστη επεξεργασία 1996 – 2001 (hm ³ /ημ)	Επεξεργασία αιχμής (hm ³ /hm)	Αποχετευτική ικανότητα (hm ³ /hm)
Γαλατσίου	+159	0,45	0,55	0,23
Μενιδίου	+232	0,61	0,78	0,28
Κιούρκων	+248	0,20	0,31	0,03
Μάνδρας	+232	0,20	0,30	0,05
Σύνολα		1,54	1,94	0,59

Επιπλέον, λειτουργούν έξι μικρές μονάδες επεξεργασίας για την ύδρευση 14 δήμων κατά μήκος του υδραγωγείου Μόρνου. Η ύδρευση γίνεται με δίκτυο κλειστών αγωγών μήκους 50km.

3.5 Ιδιαιτερότητες και προβλήματα μεταφοράς νερού στην Αττική

Το υδροδοτικό σύστημα της Αττικής παρουσιάζει μια σειρά από ιδιαιτερότητες, οι οποίες παρουσιάζονται κάτωθι,

- ✓ Οι κύριοι υδατικοί πόροι βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από την Αθήνα εκτός από τον ταμιευτήρα του Μαραθώνα, που έχει όμως μικρή χωρητικότητα και παροχετευτικότητα προς τα διυλιστήρια.
- ✓ Από τις γεωτρήσεις, αυτή της Μαυροσουβάλας είναι κοντά στα διυλιστήρια και οι ποσότητες που μπορούν να προσφέρουν δεν είναι μικρές. Οι γεωτρήσεις Βασιλικών-Παρορίου μπορούν να προσφέρουν αρκετά μεγάλες ποσότητες στο σύστημα, αλλά χρησιμοποιούνται επίσης για την άρδευση του Κωπαϊδικού πεδίου.
- ✓ Οι εναλλακτικοί δρόμοι προς τα διυλιστήρια μέσω του δακτυλίου της Πάρνηθας προσδίνουν πλεονέκτημα ως προς την διαχείριση του δικτύου.

- ✓ Το δίκτυο εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το υδραγωγείο Μόρνου. Αυτό σε συνδυασμό με τις παροχετευτικότητες των υδραγωγείων, που είναι γενικά μικρές, θέτει περιορισμούς στη διαχείριση του συστήματος.
- ✓ Η έλλειψη σημαντικού ρυθμιστικού έργου κοντά στην Αθήνα (με εξαίρεση τον ταμιευτήρα Μαραθώνα, που ωστόσο πρέπει να χρησιμοποιείται κυρίως ως απόθεμα ασφαλείας), και ειδικότερα κατάντη του υδραγωγείου του Μόρνου, περιορίζει σημαντικά την ευελιξία του συστήματος, καθώς δεν είναι δυνατή η διαχείριση της ημερήσιας διακύμανσης της ζήτησης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ετήσια δυναμικότητα του συστήματος να είναι αρκετά μικρότερη σε σχέση με την ονομαστική παροχετευτικότητα των υδραγωγείων. Για το λόγο αυτό μελετώνται κατάλληλα έργα αναρρύθμισης, τόσο ανάντη όσο και κατάντη των διυλιστηρίων, κυριότερο των οποίων είναι μια λιμνοδεξαμενή στην περιοχή της Μάνδρας, χωρητικότητας 700.000m³. Τέτοιου είδους έργα κρίνονται ιδιαίτερα σημαντικά, όχι μόνο για τους λόγους που προαναφέρθηκαν, αλλά και επειδή συμβάλλουν στην ασφάλεια του συστήματος έναντι βλαβών, μικρής βεβαίως διάρκειας.

3.6 Επισκόπηση αναγκών ύδρευσης της Αθήνας – Ιστορικά στοιχεία

Η υδροδότηση της Αθήνας παρουσιάζει προβλήματα από την αρχαιότητα, δεδομένου του ξηρού κλίματος και των περιορισμένων επιφανειακών και υπόγειων υδατικών πόρων που συνδυάζονται με την μεγάλη συγκέντρωση πληθυσμού. Ήδη κατά την κλασική εποχή ο πληθυσμός εκτιμάται σε 400.000 κατοίκους, οι ανάγκες των οποίων καλύπτονταν από πηγές και πηγάδια. Το 2^ο μ.Χ. αιώνα ολοκληρώνεται το Αδριάνειο υδραγωγείο, το οποίο εξακολουθεί να τροφοδοτεί την Αθήνα για τις καθημερινές ανάγκες των πολιτών μέχρι τις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Με την λήξη της τουρκοκρατίας το νερό ήταν μειωμένο σημαντικά λόγω των αρδευτικών έργων αλλά και της εγκατάλειψης του υδραγωγείου από τους κατακτητές. Μετά το 1834, όπου η Αθήνα εξελέγη πρωτεύουσα της χώρας, οι τότε δημογέροντες ξεκίνησαν να ασχολούνται με τον ανεφοδιασμό νερού της πόλης με πρώτο μέλημά τους την συντήρηση του, που όμως δεν ολοκληρώθηκε επαρκώς, καθώς οι άρχοντες εκταμίευσαν όλους τους οικονομικούς πόρους σε αντιπλημμυρικά μέτρα λόγω των έντονων βροχοπτώσεων που μάστιζαν την περιοχή. Αποτέλεσμα αυτής της

εγκατάλειψης ήταν στις αρχές τους καλοκαιριού του 1835 να ξεσπάσει η ασθένεια της γαστροχολερικής με την επέκταση ελώδους πυρετού σε μεγάλη μερίδα των πολιτών λόγω της μη καθαρότητας του πόσιμου νερού. Ο τότε δήμαρχος κ. Πετράκης μετά από πιέσεις της κοινής γνώμης απελευθέρωσε κονδύλια για την καθαρότητα του νερού. Και η προσπάθεια αυτή όμως δεν ολοκληρώθηκε καθώς ο δήμος αποφάσισε να διαθέσει τα χρήματα στην διάνοιξη τάφρων γύρω από την πόλη αλλά και την δημιουργία υπονόμων για την απομάκρυνση των λιμναζόντων νερών.

Σύμφωνα με το αρχείο του Δήμου Αθηναίων, το 1841 δήμαρχος της Αθήνας ορίζεται από των βασιλιά ο κ. Καλλιφρονάς ο οποίος αποφάσισε να δώσει προτεραιότητα στα υπάρχοντα προβλήματα της ύδρευσης διαθέτοντας ικανούς πόρους για τον καθαρισμό του του υδραγωγείου της Γιαννούλας, όπου οι εργασίες ολοκληρώνονται το 1842. Την επόμενη όμως χρονιά (1843) αλλά και το 1945 ο Δήμος έρχεται αντιμέτωπος με το πρόβλημα της λειψυδρίας. Ο τότε έντυπος τύπος απέδωσε το γεγονός στην άρδευση του ανακτορικού κήπου και όχι στα πραγματικά αίτια που ήταν η ανομβρία και η κακή του Αδριάνειου υδραγωγείου. Έτσι για πρώτη φορά με υπεύθυνο τον κ. Σταϊκόπουλο γίνεται μελέτη σχετικά με εύρεση νέων άγνωστων πηγών για την υδροδοτική τροφοδοσία του Δήμου. Από την μελέτη φάνηκε ότι υπήρχαν τέσσερεις κεφαλαιούχοι που εκμεταλλευόταν το νερό για 50 περίπου έτη για κερδοσκοπικούς λόγους.

Το 1846 δήμαρχος αναλαμβάνει ο κ. Βενιζέλος ο οποίος θα πρέπει να αντιμετωπίσει ένα άλλο σημαντικό παράγοντα αυτόν του αυξανόμενου ρυθμού αστικοποίησης σε συνδυασμό με την ανομβρία του 1847. Έτσι συστήθηκε μια επιτροπή με πρόεδρο τον κ. Καλλιφρονά με αντικείμενο την εύρεση τρόπων αντιμετώπισης. Αυτός ζήτησε από την κυβέρνηση την ολική αποκατάσταση του Αδριάνειου υδραγωγείου, αλλά και του υδραγωγείου του Τζαμουμάκου.

«Ουδέν νερόν πλέον ευρίσκεται εις την πόλιν, οι πολίται διψούν, πλήν νερόν δεν ευρίσκουν εις τάς θρύσεις, καθ'εσπέραν γίνονται θόρυβοι και ταραχαί, ενίοτε δε και ξυλοκοπήματα εις τάς ολίγας θρύσεις, όπου ευρίσκονται ολίγον ύδωρ»

Το 1851 ο τότε δήμαρχος κ. Ζαχαρίτσας ήρθε αντιμέτωπος με ένα άλλο πρόβλημα, αυτό της θολότητας του νερού, λόγω της ακαταλληλότητας του υλικού με το οποίο ήταν κατασκευασμένοι οι αγωγοί ύδρευσης (λιθόκτιστοι). Το πρόβλημα λύθηκε με μερική εξυγίανση των αγωγών σε σιδερένιους, με τον καθαρισμό του υδραγωγείου στη συνοικία Γεράκι, αλλά και με την κατασκευή ενός θολωτού υδραγωγείου επί της πλατείας Αιόλου 500 μέτρα πίσω από τα τότε Ανάκτωρα. Επιπλέον ο Δήμαρχος ζήτησε την καταμέτρηση του πόσιμου νερού της πόλης με απώτερο σκοπό την πάταξη της σπατάλης του.

Την τριετία 1855 – 1857 επί δημαρχίας κ. Κων/νου Γαλάτη, υλοποιήθηκε η διοχέτευση της πρωτευούσης με νερό από το Πεντελικό Όρος, αλλά και δόθηκε προτεραιότητα στην επισκευή των υπαρχόντων υδραγωγείων. Παρά τις όποιες όμως μέχρι τότε προσπάθειες το ζήτημα της ύδρευσης γίνονταν όλο και πιο σοβαρό, αλλά καμία αποτελεσματική λύση δεν είχε δοθεί μέχρι στιγμής. Η λειψυδρία είχε ‘χτυπήσει κόκκινο’ με κύριο αίτιο τους λιθόκτιστους σωλήνες που όχι μόνο δεν μπορούσαν να συγκρατήσουν το νερό που χάνονταν στο έδαφος (υδατοπερατοί), αλλά και την κακή ποιότητα νερού που ήταν υπεύθυνη για πολλές ασθένειες.

Έτσι το 1858 αποφασίστηκε να εξυγιανθεί ένα μεγάλο μέρος του κεντρικού υδροδοτικού δικτύου και να κατασκευαστούν μόνιμα υδραγωγεία από την Λεωφ. Αμαλίας μέχρι και το ναό της Μεταμορφώσεως του Σωτήρος. Παρόλα τα έργα η Αθήνα ανακουφίστηκε προσωρινά. Ενδεικτικά αναφέρεται πως το νερό το 1862 ανέρχονταν στα 650 δράμια⁹ και αναμενόταν να μειωθεί μέχρι και τα 500 δράμια σύμφωνα με τον Γάλλο υδραυλικό Μπερζώ. Σύμφωνα με την ένθεση του Μπερζώ, απαιτούνταν 360 δράμια ετησίως για τις ανάγκες των πολιτών. Έτσι το 1862 ο δήμος προέβη σε απόφαση να μην ενοικιάζει νερό από ιδιώτες και να χρησιμοποιεί το υπάρχον νερό από τις 35 δημόσιες κρήνες, ενώ παράλληλα να εκποιεί εξ’ αυτού τα 150 δράμια τα έσοδα των οποίων θα πήγαιναν σε υδραυλικά έργα. Αυτό όμως δεν μπόρεσε να γίνει καθώς εμφανίστηκαν αγορές μόνο για τα 50 δράμια νερού.

⁹ Το δράμι είναι μονάδα μέτρησης βάρους που χρησιμοποιούνταν στην Ελλάδα μέχρι το 1959. Ένα δράμι στην Ελλάδα ήταν ισοδύναμο με 3,203 γραμμάρια, ενώ τα 400 δράμια ισοδυναμούσαν με μια οκά. Η λέξη είναι αντιδάνειο και προέρχεται από το αραβικό ντιράμ (ή ντιρχάμ), το οποίο με τη σειρά του προέρχεται από τη αρχαία δραχμή.

Από το 1859 έως και το 1866 ουδείς άρχων ασχολήθηκε με θέματα ύδρευσης. Επί δημαρχία του Γεωργίου Σκούφου το 1866 άρχισε να μπαίνει ξανά στην ατζέντα το θέμα της ύδρευσης, με τον Δήμαρχο να ασχολείται με τα ποτιστικά ύδατα και την άμεση ύδρευση των δενδροφυτειών των Αθηνών, αλλά και του κήπου του Θησείου.

Η περίοδος 1870 έως και 1879 επί δημαρχίας κ. Κυριάκου Παναγή βρίσκει τους πολίτες να λαμβάνουν άφθονο νερό από ιδιωτικές κρήνες με αποτέλεσμα ο Δήμος να χάνει ένα μεγάλο πρόσοδο (60.000 δρχ. ήταν τα έσοδα του δήμου από την πώληση του νερού ενώ τα συσσωρευμένα δάνεια του δήμου που κατά καιρούς σύναπτε για υδρευτικούς σκοπούς ήταν 300.000 δρχ.). Ο λόγος αυτός έκανε τον δήμαρχο να δώσει προτεραιότητα σε επισκευές διαρροών των υδραγωγείων αλλά και στην αντικατάσταση των παλιών και φθαρμένων αγωγών με τελικό πρόσοδο τις 45.000 δρχ. ετησίως. Επιπρόσθετα ζητήθηκε από την Κυβέρνηση η χωροστάθμιση του αρχαίου υδραγωγείου από το Κολωνάκι μέχρι και τους Αμπελόκηπους, θεωρώντας ότι η εξυγίανση των σωληνώσεων με σιδερένιους θα έλυne περισσότερο τα τότε προβλήματα, αλλά και η ταυτόχρονη κατασκευή δυο δεξαμενών για τον καθαρισμό των υδάτων θα έλυναν το ζήτημα δια παντός της αφθονίας του νερού. Επίσης ζητήθηκε να κηρυχθεί αγροτική η αρχαία οδός που διέρχονταν πάνω από το αρχαίο υδραγωγείο για πρόληψη ζημιών στα εκτελούντα έργα πλάτους 12 μέτρων που βρίσκονταν δίπλα στο χωριό Χαλάνδρι. Ένα άλλο σημαντικό επίτευγμα της δημαρχίας του κ. Παναγή ήταν η κατασκευή του Υδραγωγείου και της δεξαμενής του Νυμφαίου στην ανηφόρα του Λυκαβηττού, ενώ παράλληλα είχε δοθεί εντολή για έρευνα στα παλαιά Υδραγωγεία και σε κάποια σημεία στο Λυκαβηττό για νερό στους πρόποδες, με στόχο την επάρκεια των υδάτων αλλά και την μείωση των υπαρχόντων διαρροών. Το 1871 ακολουθεί ο καθαρισμός για ακόμη μια φορά του Αδριάνειου Υδραγωγείου και γίνεται πύκνωση του δικτύου των δημοτικών κρηνών σε διάφορα κεντρικά σημεία προς εξυπηρέτηση των δημοτών. Την ίδια χρονιά η έρευνες περί πόσιμων υδάτων δικαίωσαν τον Δήμαρχο αφού ανακαλύφθηκε μια αρχαία δεξαμενή η οποία δέχονταν τα διοχετευμένα νερά από το Αδριάνειο Υδραγωγείο. Σύμφωνα με τον κ. Γενεσαρλή, η χωρητικότητά της ήταν 400 κυβικά μέτρα. Ήταν λατομημένη κατά ένα μεγάλο μέρος της σε έναν βράχο, ενώ ήταν καλυμμένη από

έναν ρωμαϊκό θόλο ο οποίος όμως είχε καταρρεύσει. Έτσι, ο Δήμος καθάρισε την δεξαμενή, κατασκεύασε νέο θόλο, δαπανώντας τότε το ποσό των 19.000 δρχ. και την χρησιμοποίησε ως διυλιστήριο. Η ανακάλυψη αυτή έδωσε την δυνατότητα για νέα πύκνωση του δικτύου σε διάφορους οδούς και λεωφόρους μέσω σιδερένιων σωλήνων 16.352 μέτρων, 78 σιδερένιων διανεμητήρων νερού, 135 καταβρεκτήριων, 8 εκκαινωτηριών και 173 ορειχάλκινων κρουνών νερού. Με την νέα αυτή προσπάθεια του Δήμου τα έσοδά του έφτασαν τα 91.750 δρχ. ικανά για να αποπληρωθούν σχεδόν όλα τα δάνεια που είχε συνάψει μέχρι τότε με την τράπεζα της Ελλάδος.

Η εξέλιξη αυτή έκανε τους τότε άρχοντες περισσότερο πρόθυμους να απελευθερώσουν πόρους προς της εύρεση νερού με αποτέλεσμα να αποκάλυψη ολόκληρου του Αδριάνειου Υδραγωγείου, που διέρχονταν από το ρέμα της Καλογρέζας σε βάθος 12 με 35 μέτρα κάτω από το χωριό Ηρακλείου και Κουκουβάουνες (Δήμος Φυλής) όπου έδειχνε ότι προχωρούσε προς το Μονομάτι, Μπογιάτι και Βαρυμπόμπη.

Το Απρίλιο του 1879 ο εκλεγμένος Δήμαρχος κ. Δημήτριος Σούτσος συνέχισε το πετυχημένο σχέδιο του κ. Παναγή με κάποιες μικρές βελτιώσεις, κάνοντας καθαρισμούς και συντηρήσεις των υδραγωγείων και δικτύων διανομής νερού, με αποτέλεσμα το νερό να ανέλθει στα 2.536 δράμια. Οι όποιες όμως ακόμα και πετυχημένες προσπάθειες δεν στάθηκαν ικανές να αποτρέψουν την εμφάνιση της λειψυδρίας λόγω της κατάχρησης του νερού από τους ιδιώτες. Για να αντιμετωπίσει την λειψυδρία ο Δήμος ξεκίνησε εργασίες καθαρισμού επί του Αδριάνειου Υδραγωγείου και συγκεκριμένα στο ρέμα Βαρβάρας και στο ρέμα Μονομάτι σε συνολικό μήκος 2.460 μέτρα. Οι εργασίες όμως έκαναν θολό το νερό, αναγκάζοντας των Δήμαρχο να δώσει εντολή για κατασκευή διυλιστηρίου δίπλα στην δεξαμενή.

Στις εκλογές του 1887 Δήμαρχος αναλαμβάνει ο Τιμολέων Φιλήμων. Και αυτός ασχολήθηκε αρκετά με το θέμα του νερού. Αρχικά ασχολήθηκε με το θέμα της τιμολόγησης του νερού στις 50 δρχ/δράμι ως τιμολογιακή πολιτική για αποτροπή κατασπατάλησής του, ενώ στην συνέχεια φρόντισε για την δίκαιη και τακτική διανομή του. Τον Μάιο όμως του 1888 το υπάρχον νερό στην δεξαμενή ήταν 19

οκάδες¹⁰, ποσότητα που δεν μπορούσε να καλύψει τις ανάγκες των δημοτών. Οι καταχρήσεις στη διανομή του νερού από τους υδρονομείς, η κακή τοποθέτηση των σωλήνων και η έμφραξη τους, οδήγησε τους κατοίκους σε συνεχείς παράπονα και οχλήσεις καθ' όλη της διάρκεια της δημαρχιακής θητείας του κ. Φιλήμων. Η έντονη λειψυδρία, λοιπόν, έκανε επιτακτική την ανάγκη για πρόσθετους υδρευτικούς πόρους. Ο Γάλλος μηχανικός Γκοτλάν, προς αντιμετώπιση της λειψυδρίας, προέβη μετά από εντολή του Δήμου σε μια συγκεκριμένη μελέτη προϋπολογισμού 550.000 δρχ., την οποία και κοινοποίησε στο Δημοτικό Συμβούλιο. Έτσι πρότεινε τη διοχέτευση των υδάτων της Γκούρας και της Φυλής, την κατασκευή αρτεσιανών φρεατίων¹¹ και την προκαταρκτική μελέτη και κατασκευή 5 χιλιομέτρων υδραγωγείων. Εντέλει το Δημοτικό Συμβούλιο ενέκρινε μετά από σοβαρή σκέψη την υλοποίηση της μελέτης. Η υλοποίηση αυτού του εγχειρήματος δεν ολοκληρώθηκε καθώς το 1889 υπήρξε εντολή διακοπής των έργων αφού το νερό που διοχετεύονταν ήταν κακής ποιότητας. Παράλληλα όμως με το έργο κατασκευής των αρτεσιανών φρεατίων είχαν ξεκινήσει και εργασίες καθαρισμού του Αδριάνειου Υδραγωγείου και εργασίες επαύξησης υδάτων. Παρόλες αυτές τις προσπάθειες τα αποθέματα νερού όχι μόνο δεν αυξήθηκαν αλλά μειώθηκαν δραματικά, λόγω των μεγάλων καταναλώσεων, αλλά και των δυσαναλογιών εξόδων – εσόδων.

Την επόμενη τετραετία (1891 με 1894) επί δημαρχίας κ. Μιχαήλ Μελά διαφάνηκε ότι η ύδρευση της πρωτευούσης απαιτούσε νέα μελέτη, καθώς τα αποθέματα όπως προηγουμένως αναφέρθηκε ήταν κατά πολύ μειωμένα. Έτσι, ο κ. Μελάς αποφάσισε να κινηθεί σε τρεις άξονες, πρώτον, στην για μια ακόμη φορά αύξηση της τιμολόγησης του νερού από 50 σε 80 δρχ/δράμι, δεύτερον, στη σύνταξη καταλόγου των υδροληπτών επί νέων βάσεων, αλλά και την επιθεώρηση όλων των οικιών προς ανακάλυψη υδάτων που διοχετεύονταν σε οικίες εν αγνοία της δημοτικής αρχής και βέβαια με την επιβολή ποινών, και τέλος την ολοκλήρωση των

¹⁰ Ήταν Οθωμανική μονάδα μέτρησης μάζας. Ύστερα από την κατάρρευση της Οθωμανικής αυτοκρατορίας, συνέχισε να χρησιμοποιείται στα κράτη που προέκυψαν από τη διάλυσή της, συνήθως παράλληλα με τις μονάδες του μετρικού συστήματος. Η οκά υποδιαιρούνταν σε 400 δράμια.

¹¹ Το φρέαρ ή πηγάδι από όπου το νερό αναβλύζει λόγω φυσικής πίεσης και έτσι δεν χρειάζεται να αντλείται. Προσπάθεια για κατασκευή αρτεσιανών φρεατίων είχε γίνει και επί βασιλείας Αμαλίας στον κήπο του Υπουργείου Οικονομικών και στους πρόποδες της Πάρνηθας, χωρίς όμως επιτυχία.

αρτεσιανών φρεατίων ύδρευσης που είχαν σταματήσει τον 1889, αλλά και τις διατρήσεις τους εδάφους σε όλο το λεκανοπέδιο της Αττικής (γεωτρήσεις) όπου υπήρχαν αρκετά ύδατα, κυρίως στην Κηφισιά και τη Χελιδονού (τα ύδατα αυτά θα μεταφέρονταν στο Υδραγωγείο του Χαλανδρίου), με επιβλέπον μηχανικό τον Γάλλο Ματών. Η συνισταμένη και των τριών αυτών αξόνων είχε ως αποτέλεσμα την θεαματική αύξηση των αποθεμάτων με νερό καλής ποιότητας.

Για την ακόμα μεγαλύτερη ενίσχυση των αποθεμάτων νερού, ο κ. Μελάς αποφάσισε να δημιουργήσει μια σειρά από υδραυλικά έργα με σκοπό τον εμπλουτισμό των υδάτων του Κηφισού ποταμού με νερό από το Αδριάνειο Υδραγωγείο, που όμως δεν πραγματοποιήθηκαν καθώς ο προϋπολογισμός που απαιτούνταν ήταν μεγάλος και ο υπερχρεωμένος Δήμος δεν μπορούσε να τον καλύψει, αλλά ούτε νέο δάνειο μπορούσε να πάρει. Τελικά οι κάτοικοι του Δήμου Αθηναίων το καλοκαίρι του 1895 υπέφεραν από λειψυδρία για μια ακόμη φορά.

Τον Απρίλιο του 1895 αναδείχθηκε Δήμαρχος ο κ. Λάμπρος Καλλιφορνάς που πάλι δεν στάθηκε ικανός να αντιμετωπίσει το καίριο ζήτημα της ύδρευσης, με αποτέλεσμα τον Μάη του 1896 ο πληθυσμός να βυθιστεί στην λειψυδρία.

Ο τελευταίους από του Δημάρχους που θα μας απασχολήσουν ήταν ο εκλεγμένος το 1899 κ. Σπύρος Μερκούρης. Ήταν ο πρώτος που εισήγαγε στον δημοτικό προϋπολογισμό κονδύλια για θέματα ύδρευσης. Επίσης, ήταν και ο πρώτος που μελέτησε τα ιστορικά δεδομένα της λειψυδρίας των τελευταίων 25 ετών. Μέσα από την έρευνά του θεώρησε ότι το Αδριάνειο Υδραγωγείο χρειαζόταν άμεσο καθαρισμό. Μόλις ξεκίνησε ο καθαρισμός του, συνειδητοποίησαν ότι χρειαζόνταν στερεοποίηση ώστε το έργο να γίνει μόνιμο και διαρκές. Το εσωτερικό δίκτυο παρατήρησε ότι βρισκόνταν σε άθλια κατάσταση και ήταν παντελώς παραμελημένο. Το έργο όμως απαιτούσε τεράστιους οικονομικούς πόρους που ο Δήμος δεν διέθετε. Έτσι, μέχρι και το 1900 το ζήτημα της ύδρευσης παρέμενε άλυτο και οι διαμαρτυρίες των δημοτών γίνονταν ολοένα και πιο ηχηρές. Κατά το διάστημα αυτό πολλές προτάσεις ακούγονταν, μια εκ των οποίων ήταν η μεταφορά νερού από την λίμνη Στυμφαλία στο Θριάσιο την οποία όμως και απέρριψε. Τελικά, ανέθεσε στον μηχανικό κ. Πρωτοπαπαδάκη να ερευνήσει τους λόγους που αντί το

νερό στο Αδριάνειο Υδραγωγείο να αυξάνονταν μετά τις συνολικές τους προσπάθειες, αυτό ελαττώνονταν. Το πόρισμα του κ. Πρωτοπαπαδάκη ανέφερε ότι το νερό στο Υδραγωγείο από 32 οκάδες είχε φτάσει στις 7 και οφείλονταν τόσο στους ιδιώτες, όσο και στην κακή στερεοποίηση του, περιγράφοντας ότι το Υδραγωγείο ήταν σε άθλια κατάσταση. Πρότεινε λοιπόν σε πρώτη φάση τον καθαρισμό του ώστε να επιτευχθεί αύξηση των υδάτων 7 σε 8 οκάδες και εν συνεχεία την διοχέτευση νερού από το Υδραγωγείο της Κηφισιάς μέσω του ρέματος Πύρνας για την εν νέου επαύξηση του νερού σε 12 οκάδες, ώστε τελικώς να αντιμετωπίσουν το μέχρι τότε διαρκές πρόβλημα της λειψυδρίας. Έτσι, το 1900 ξεκίνησαν οι υδραυλικές εργασίες στο Αδριάνειο Υδραγωγείο υπό την επίβλεψη του κ. Πρωτοπαπαδάκη, οι οποίες είχαν χωριστεί σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, τις εργασίες στα δημοτικά Υδραγωγεία, τις εργασίες στο εσωτερικό δίκτυο της πόλης και τέλος στις μισθώσεις των ιδιωτικών δικτύων. Αναλυτικότερα, οι εργασίες περιλάμβαναν τον καθαρισμό και τις επισκευές του βασικού Αδριάνειου Υδραγωγείου (ξεκινώντας από την Πάρνηθα μέχρι την θέση Ψαλίδι Αμαρουσίου, δηλαδή 15km) αλλά και των υπολοίπων Υδραγωγείων (όλα τα εγκάρσια νεότερης κατασκευής), καθώς και νέες υδραυλικές εργασίες σε όλη την επικράτεια του Δήμου, όπως επισκευές σε διάφορα σημεία, ανακαίνιση ενός σημείου 105 μέτρων στο Υδραγωγείο στην θέση Ψαλίδι, κάλυψη όλων των φρεατίων με πλάκες, διάτρηση τεσσάρων αρτεσιανών φρεατίων εντός του ρέματος την Βαρβάρας (το μήνα Αύγουστο του 1902), εργασίες στο εσωτερικό δίκτυο της πόλης προς μέγιστη βελτίωση και ρύθμιση της διανομής του νερού στην πόλη και τέλος την περίοδο από το 1901 μέχρι και το 1905 έγιναν εργασίες εξυγίανσης αλλά και επέκτασης του δικτύου ύδρευσης. Όσον αφορά τις μισθώσεις των ιδιωτικών υδάτων, με επικεφαλής τον κ. Σπυρίδων Μερκούρη, ο Δήμος προέβη στην εξαγορά αρκετών εξ αυτών στις περιοχές Κηφισιά, Χαλάνδρι και Πατήσια.

Όλες αυτές οι υδραυλικές εργασίες όμως έλυναν κατά τον Δήμαρχο προσωρινά το πρόβλημα. Για τον λόγο αυτό μετά από πολλές οχλήσεις προς το Υπουργείο Εσωτερικών κατάφερε να συγκροτήσει επιτροπή αποτελούμενη από επιφανείς μηχανικούς οι οποίες ξεκίνησαν τον Μάιο του 1904 μελέτη για την οριστική αντιμετώπιση του ζητήματος της λειψυδρίας της Αθήνας. Το πόρισμα της έρευνας

αυτής (δυο χρόνια αργότερα) ανέφερε ότι η ύδρευση από την Στυμφαλία ή από τον Μελάνο Ποταμό δεν επαρκούσαν και πως η οριστική λύσης της υδροδότησης θα ήταν η κατασκευή υδατοαποθηκών μέσα φράγματα σε διάφορα σημεία του λεκανοπεδίου αποδίδοντα μέσω φυσικής διήθησης το αναγκαίο νερό. Η πρόταση αυτή λήφθηκε σοβαρά υπόψη από τον Αθηναίο Δήμαρχο ο οποίος και την υλοποίησε.

Πλέον αυτού, ο κ. Μερκούρης ασχολήθηκε και με άλλα σημαντικά ζητήματα της ύδρευσης όπως, την ορθολογική διαχείριση των ποτιστικών υδάτων, την ύδρευση των νοσοκομείων, αλλά και το κατάβρεγμα των δρόμων για λόγους καθαριότητας, ενώ τέλος μπόρεσε να πιέσει προς την ψήφιση του νομοσχεδίου περί υποχρεωτικής ύδρευσης των Αθηνών και του Πειραιά.

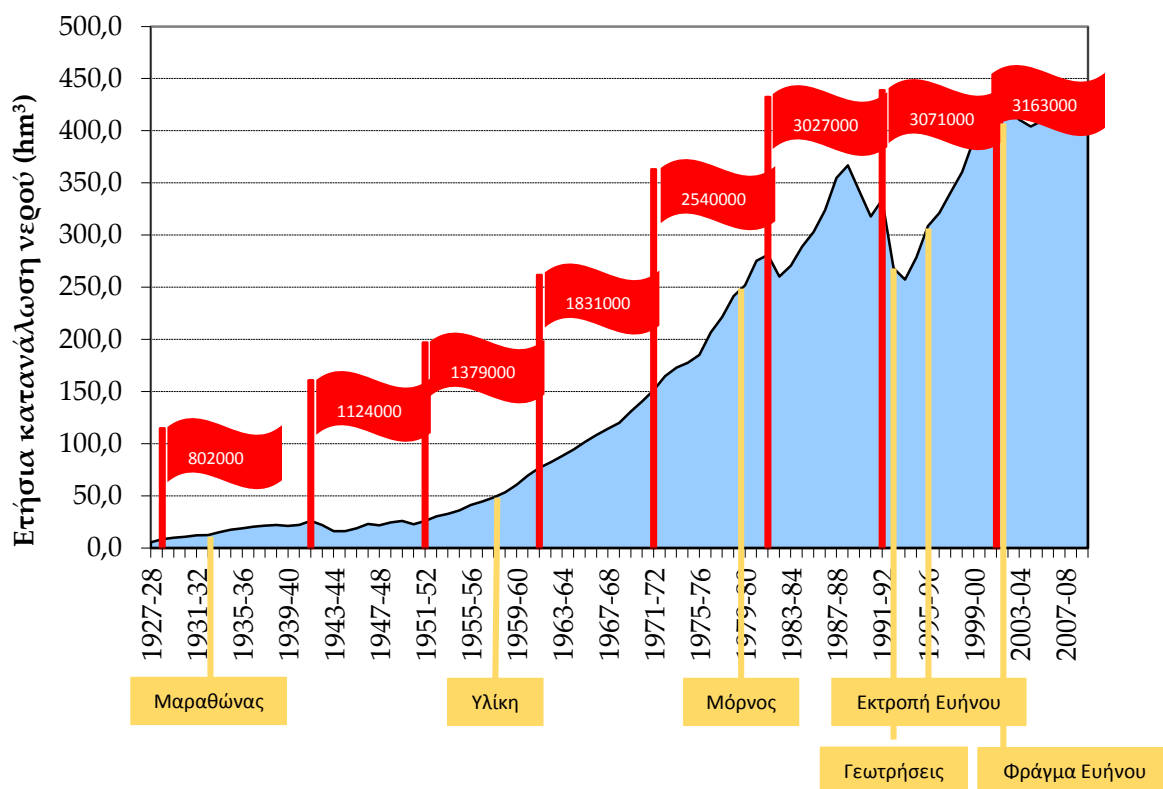
Από την περίοδο του 1927 και πιο συγκεκριμένα του 20ου αιώνα έως και σήμερα τα σημαντικότερα γεγονότα αλλά και καταναλώσεις νερού περιγράφονται στον πίνακα 16.

Πίνακας 16: Ιστορική κατανάλωση νερού της Αθήνας (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Έτος	Κατανάλωση (hm ³)	Ιστορικό
1927	4,8	Ύδρευση από το Αδριάνειο υδραγωγείο και μικροπηγές. Πληθυσμός Περιφέρειας Πρωτευούσης 802.000.
1931	11,5	Πλήρης λειτουργία υδραγωγείου Μαραθώνα.
1941	22,8	Πληθυσμός Περιφέρειας Πρωτευούσης 1.124.000.
1944	15,7	Στασιμότητα κατανάλωσης κατά την περίοδο της Κατοχής και του Εμφυλίου.
1951	21,8	Πληθυσμός Περιφέρειας Πρωτευούσης 1.379.000.
1958	49,2	Συστηματική λειτουργία του υδραγωγείου Υλίκης.
1961	70,9	Πληθυσμός Περιφέρειας Πρωτευούσης 1.831.000.
1971	143,0	Πληθυσμός Περιφέρειας Πρωτευούσης 2.540.000.
1979	244,0	Έναρξη λειτουργίας του υδραγωγείου Μόρνου.
1981	282,0	Πληθυσμός Περιφέρειας Πρωτευούσης 3.027.000.
1989	375,8	Σημαντική μείωση των εισροών, ενώ σημειώνεται η μεγαλύτερη ετήσια κατανάλωση του αιώνα.
1990	326,5	Η ξηρότερη χρονιά του αιώνα, σημαντική αύξηση της τιμής του νερού και έναρξη εκστρατείας για την

		εξοικονόμησή του με αποτέλεσμα σημαντική μείωση της κατανάλωσης.
1991	323,8	Σχετικά υγρό έτος, πληθυσμός πρωτεύουσας 3.071.000.
1992	330,2	Η ξηρασία συνεχίζεται, νέα αύξηση της τιμής του νερού, επίσπευση ενίσχυσης του συστήματος (γεωτρήσεις, Εύηνος).
1995	280,2	Ενίσχυση Μόρνου από Εύηνο μέσω προσωρινής υδροληψίας.
1999	357,0	Η κατανάλωση επανέρχεται στα επίπεδα του 1990.
2001	397	Πληθυσμός Περιφέρειας Πρωτεύουσας 3.163.000.

Στην εικόνα 30 που ακολουθεί παρουσιάζεται η χρονοσειρά της ετήσιας κατανάλωσης νερού από το 1927 μέχρι και το έτος 2010. Ο πίνακας δεδομένων παρουσιάζεται στο παράρτημα Α.

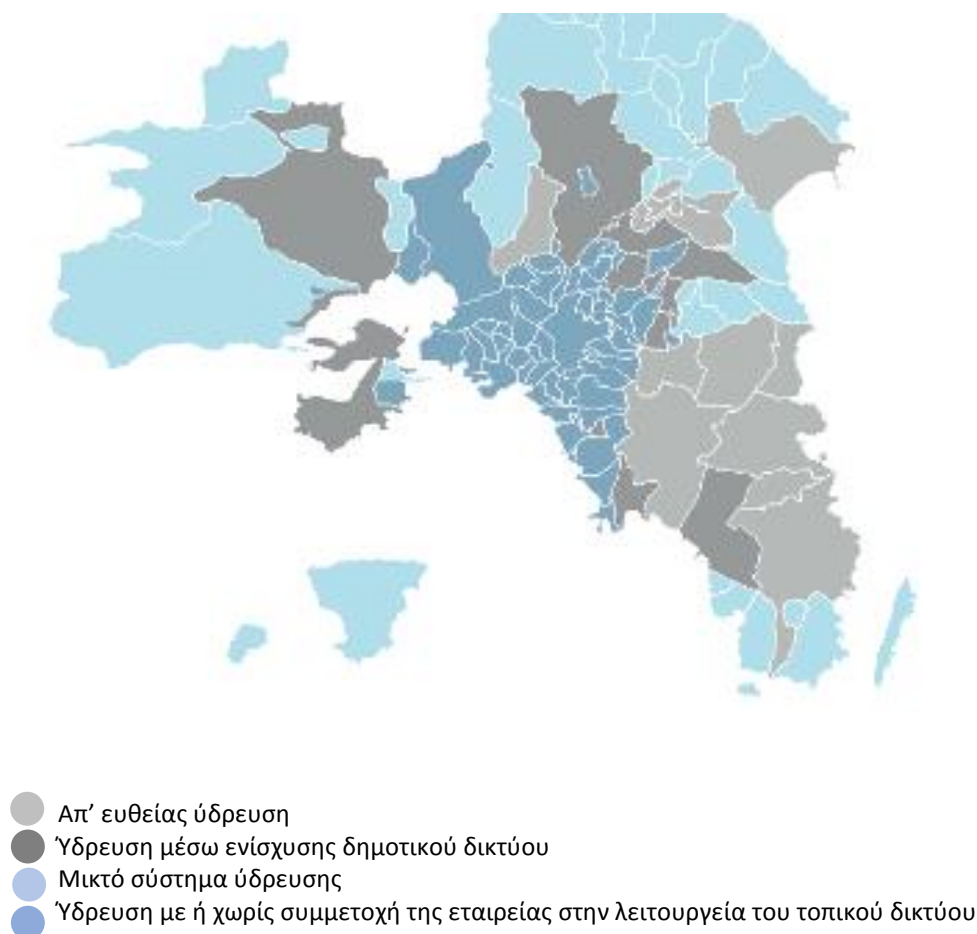


Εικόνα 29: Εξέλιξη της ετήσιας κατανάλωσης νερού με την αντιστοίχιση του συνόλου του πληθυσμού της περιφέρειας πρωτεύουσας και των υδραυλικών έργων (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)

3.7 Περιοχές ευθύνης Εταιρείας Ύδρευσης και κατηγορίες χρήσεων νερού

Ως περιοχή αρμοδιότητας της Ε.ΥΔ.Α.Π. ορίστηκε η μείζων περιοχή της Πρωτεύουσας, όπως αυτή καθορίζεται στον Ιδρυτικό της Νόμο 1068/1980. Παράλληλα, βάσει του ν.2744/1999 η Ε.ΥΔ.Α.Π. έχει το αποκλειστικό δικαίωμα της παροχής υπηρεσιών ύδρευσης και αποχέτευσης στη γεωγραφική περιοχή της δικαιοδοσίας της. Το δικαίωμα αυτό είναι ανεκχώρητο και αμεταβίβαστο. Η διάρκεια του δικαιώματος αυτού που έχει ισχύ για 20 χρόνια καθώς και η ανανέωσή του, ρυθμίζονται από τη Σύμβαση που έχει συναφθεί ανάμεσα στο Ελληνικό Δημόσιο και την Ε.ΥΔ.Α.Π.. Η Σύμβαση αυτή υπεγράφη το Δεκέμβριο του 1999.

Πιο συγκεκριμένα, η περιοχή αρμοδιότητας της Ε.ΥΔ.Α.Π. καλύπτει τα διοικητικά όρια των Δήμων και Δημοτικών Ενοτήτων του πίνακα 17 (εικόνα 31), τους οποίους υδρεύει είτε απευθείας είτε με μεγάλες παροχές.



Εικόνα 30: Περιοχές ευθύνης Ε.ΥΔ.Α.Π. (πηγή: Αρχείο ΕΥΔΑΠ)

Πίνακας 17: Δήμοι και Δημοτικές Ενότητες εντός αρμοδιοτήτων Ε.ΥΔ.Α.Π.

Απευθείας Ύδρευση από την Ε.ΥΔ.Α.Π.	Ύδρευση μέσω Ενίσχυσης Δημοτικού Δικτύου (*)	Μικτό σύστημα ύδρευσης (**)
Αγ. Αναργύρων - Καματερού	Άνοιξη (Δ. Διονύσου)	Αμαρουσίου
Αγ. Βαρβάρας	Άνω Λιόσια (Δ. Φυλής)	Αχαρνές (Δ. Αχαρνών)
Αγ. Δημητρίου	Βριλησίων	Βάρη (Δ. Βάρης – Βούλας – Βουλιαγμένης)
Αγ. Παρασκευής	Διόνυσος (Δ. Διονύσου)	Γέρακας (Δ. Παλλήνης)
Αθηναίων	Δροσιά (Δ. Διονύσου)	Γλυφάδας
Αιγάλεω	Εκάλη (Δ. Κηφισιάς)	Καλύβια Θορικού (Δ. Σαρωνικού)
Αλίμου	Κερατέα (Δ. Λαυρεωτικής)	Κάντζα Παλλήνης (Δ. Παλλήνης)
Ασπροπύργου	Κουβαράς (Δ. Σαρωνικού)	Κηφισιά (Δ. Κηφισιάς)
Βούλα, (Δ. Βάρης – Βούλας – Βουλιαγμένης)	Κρωπίας	Ν. Πέραμος (Δ. Μεγαρέων)
Βουλιαγμένη (Δ. Βάρης – Βούλας – Βουλιαγμένης)	Μάνδρα (Δ. Μάνδρας – Ειδυλλίας)	Πεντέλη (Δ. Πεντέλης)
Βύρωνα	Μαραθώνας (Δ. Μαραθώνα)	Περιοχή Γλυκών Νερών (Δ. Παιανίας)
Γαλατσίου	Μαρκόπουλου Μεσογαίας	Σαλαμίνα, περιοχή Καματερού, πρώην Κ. Σεληνίων Αμπελακίων (Δ. Σαλαμίνας)
Δάφνης - Υμηττού	Ν. Ερυθραία (Δ. Κηφισιάς)	
Ελευσίνα (Δ. Ελευσίνας)	Παιανία (Δ. Παιανίας)	
Ελληνικού - Αργυρούπολης	Ροδόπολη (Δ. Διονύσου)	
Ζεφύρι (Δ. Φυλής)	Σπάτων - Αρτέμιδος	
Ζωγράφου		
Ηλιούπολης		
Ηρακλείου		
Θρακομακεδόνες (Δ. Αχαρνών)		
Ίλιου		
Καισαριανής		
Καλλιθέας		
Κερατσινίου - Δραπετσώνας		
Κορυδαλλού		

Λυκόβρυσης - Πεύκης		
Μελίσσια (Δ. Πεντέλης)		
Μεταμόρφωσης		
Μοσχάτου - Ταύρου		
Ν. Ιωνίας		
Ν. Πεντέλη (Δ. Πεντέλης)		
Ν. Σμύρνης		
Νίκαιας – Αγ. Ι. Ρέντη		
Π. Φαλήρου		
Παπάγου - Χολαργού		
Πειραιά		
Περάματος		
Περιστερίου		
Πετρούπολης		
Φιλαδέλφειας - Χαλκηδόνος		
Φιλοθέης - Ψυχικού		
Χαϊδαρίου		
Χαλανδρίου		

Παράλληλα, υπάρχουν Δήμοι, Δημοτικές Ενότητες και περιοχές, που βρίσκονται εκτός αρμοδιότητας της Εταιρείας, υδρεύονται όμως από αυτήν διαμέσου μεγάλων παροχών που έχουν δοθεί στον κάθε Οργανισμό Τοπικής Αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α.), χωρίς συμμετοχή της στην λειτουργία του τοπικού δικτύου. Τέλος, η Επιχείρηση υδρεύει νησιά της Νομαρχίας Κυκλάδων και Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης διαφόρων Νομών της Στερεάς Ελλάδας κατά μήκος των Υδραγωγείων Μόρνου και Υλίκης.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι ο ν.2744/99 και η κοινή απόφαση των Υπουργών Εθνικής Οικονομίας, Ανάπτυξης, Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων παρέχει τη δυνατότητα επέκτασης των δραστηριοτήτων της και σε άλλες περιοχές εντός και εκτός του Λεκανοπεδίου της Αττικής. Προϋπόθεση για την επιχειρούμενη κάθε φορά επέκταση δραστηριοτήτων είναι η Εταιρεία να εξετάζει και να εξασφαλίζει αφενός την εύλογη αποτελεσματικότητα της επένδυσης, αφετέρου τη

δυνατότητα χρηματοδότησης της Εταιρείας για το σκοπό αυτό, ώστε να είναι σε θέση να εκπληρώσει τις υποχρεώσεις της.

Η ψήφιση του ν.4053/2012, βάσει του οποίου ο Οργανισμός δύναται να παρέχει όλο το εύρος των υπηρεσιών που ορίζονται στο ν.2744/1999 και εκτός περιοχής αρμοδιότητας της Εταιρείας, μέσω θυγατρικών εταιρειών και μέσω σύναψης προγραμματικών συμβάσεων με τους ΟΤΑ, διαμορφώνει ένα νέο αναπτυξιακό πλαίσιο για την Εταιρεία, διευρύνοντας την αγορά στην οποία μπορεί να δραστηριοποιηθεί και αναπτυχθεί.

Για την εξασφάλιση της υδροδότησης της μείζονος περιοχής της Πρωτεύουσας, αυτή προμηθεύεται ακατέργαστο νερό από το Δημόσιο, το οποίο έχει συμφωνήσει να το εξασφαλίζει από κατάλληλες πηγές και να το παραδίδει στην Εταιρεία. Σύμφωνα με τα αναφερόμενα στο ν.2744/99 και στην από το Δεκέμβριο του 1999 σύμβαση με το Ελληνικό Δημόσιο, το τίμημα του ακατέργαστου νερού θα συμψηφίζεται με το κόστος των υπηρεσιών που προσφέρει η εν λόγω Επιχείρηση για τη συντήρηση και λειτουργία των παγίων στοιχείων που ανήκουν στο Δημόσιο.

Στο παράρτημα Β παρουσιάζεται πίνακας του πληθυσμού Δήμων και Κοινοτήτων της Περιφέρειας Πρωτευούσης.

Η συνολικής κατανάλωση του νερού διακρίνεται σε έξι κατηγορίες ανάλογα με την χρήση. Έτσι, έχουμε τις κάτωθι κατηγορίες,

Κοινή κατανάλωση: Αφορά στην παροχή νερού με τιμολόγιο κοινής κατανάλωσης μέσα στην περιοχή ευθύνης της Ε.ΥΔ.Α.Π.. Περιλαμβάνει την οικιακή κατανάλωση καθώς και αυτή από μικρές επαγγελματικές δραστηριότητες (γραφεία, καταστήματα), για τις οποίες δεν συντρέχουν λόγοι τιμολόγησης με το βιομηχανικό-επαγγελματικό τιμολόγιο. Η κοινή κατανάλωση την τελευταία δεκαετία κυμαίνεται στο 62-68% της συνολικής τιμολογημένης.

Κατανάλωση για την ενίσχυση των Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ): Αφορά στην παροχή νερού σε κοινότητες εντός της περιοχής αρμοδιότητας της Ε.ΥΔ.Α.Π.. Το νερό δίνεται συνολικά στους ΟΤΑ, οι οποίοι το διανέμουν στους χρήστες μέσω των δικών τους δικτύων. Η κατανάλωση των ΟΤΑ την τελευταία δεκαετία κυμαίνεται στο 13-17% της συνολικής τιμολογημένης.

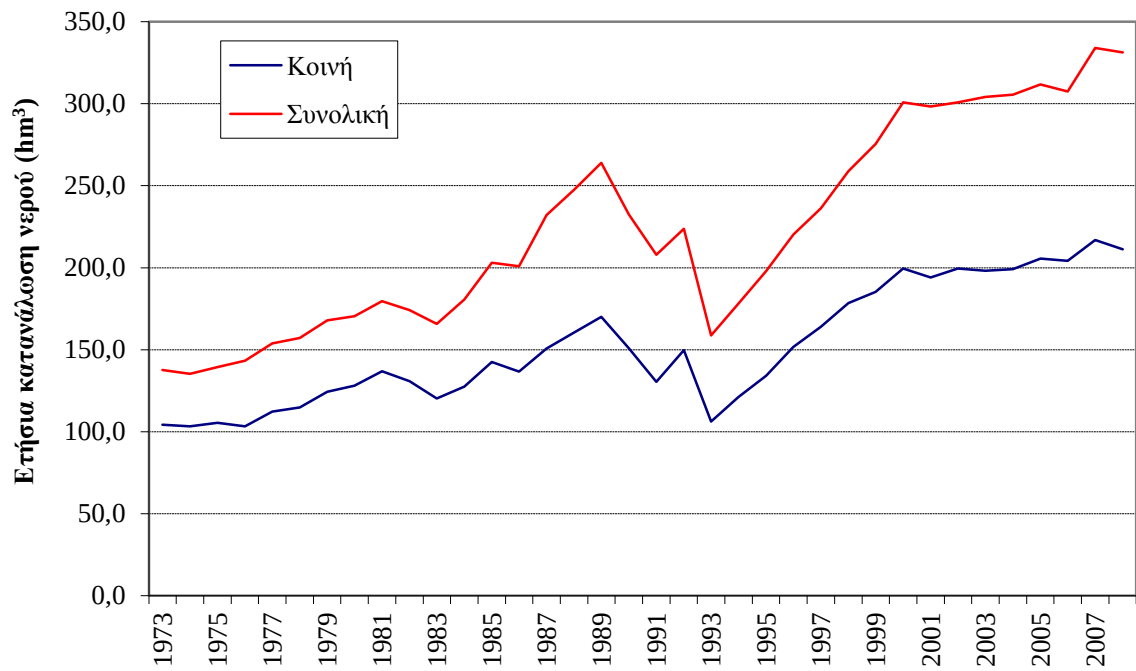
Βιομηχανική και επαγγελματική κατανάλωση: Αφορά στην παροχή νερού με τιμολόγιο βιομηχανικής κατανάλωσης εντός των περιοχών ευθύνης ή αρμοδιότητας. Περιλαμβάνει κυρίως βιομηχανίες και, δευτερευόντως, ξενοδοχεία, τουριστικές και αθλητικές εγκαταστάσεις, κλπ. Η βιομηχανική κατανάλωση την τελευταία δεκαετία κυμαίνεται στο 7-11% της συνολικής τιμολογημένης.

Δημόσια και δημοτική κατανάλωση: Περιλαμβάνει την κατανάλωση δημοσίων και δημοτικών εγκαταστάσεων, ύδρευση και άρδευση κοινόχρηστων χώρων (πάρκα, πρασιές οδών), πέραν της δωρεάν ποσότητας που χορηγείται για το σκοπό αυτό. Η δημόσια και δημοτική κατανάλωση την τελευταία δεκαετία κυμαίνεται στο 7-9% της συνολικής τιμολογημένης.

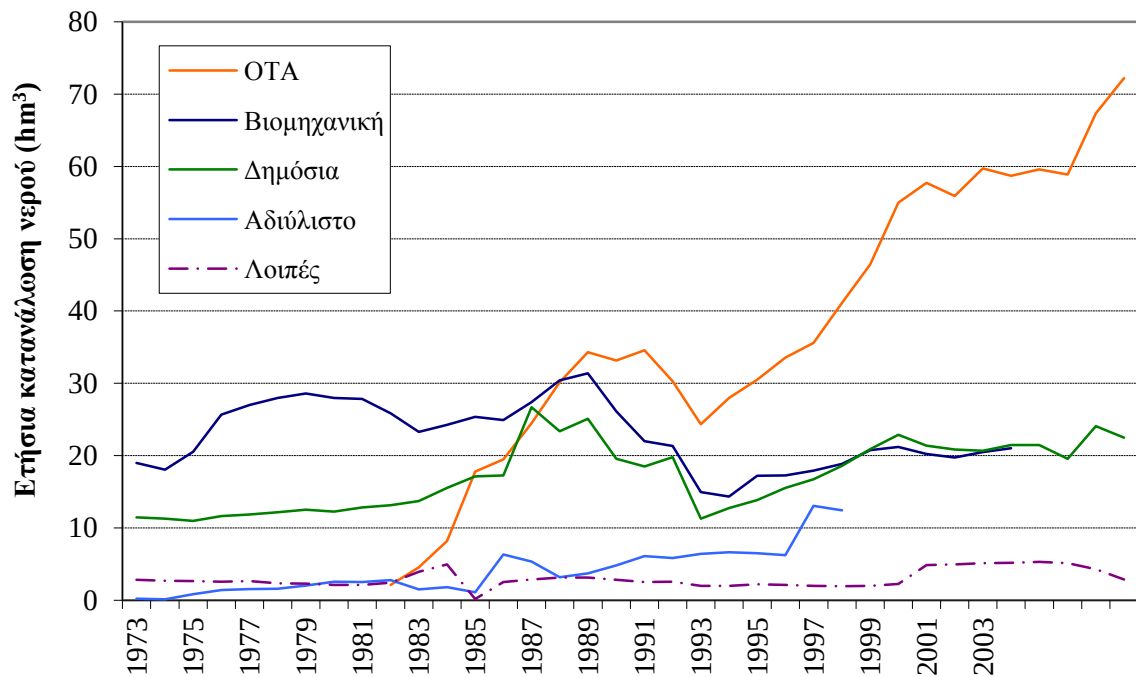
Αδιύλιστο νερό: Πρόκειται για το ακατέργαστο νερό που παρέχεται σε ορισμένους δήμους και κοινότητες κοντά στα εξωτερικά υδραγωγεία της Ε.ΥΔ.Α.Π., και συγκεκριμένα: Άμφισσα, Δίστομο, Στείρι, Κυριάκι, Ερυθρές, Πλαταιές, Βίλια, Οινόη, Πρόδρομος, Λεύκτρα, Προφήτης Ηλίας, Ελλοπία, Ξηρονομή, Δόμβραϊνα, Θίσβη, εγκαταστάσεις Αλουμίνας και ΥΠΕΧΩΔΕ, Κάζα και Κατανάβα (υδραγωγείο Μόρνου)· PEPSICO, ΕΛΒΑΛ, ΕΑΒ, Σχηματάρι, Στρατόπεδο Μαχαίρα, Παπαναστασίου, ΕΤΕΜ. Η κατανάλωση αυτή την τελευταία δεκαετία κυμαίνεται στο 1-3% της συνολικής τιμολογημένης.

Άλλες χρήσεις: Περιλαμβάνουν τις καταναλώσεις της πυροσβεστικής, φιλανθρωπικών ιδρυμάτων, του Οργανισμού Λιμένος Πειραιώς καθώς και μικρές ποσότητες που παρέχονται δωρεάν για το πότισμα κοινοχρήστων χώρων. Οι καταναλώσεις αυτές την τελευταία δεκαετία κυμαίνονται γύρω στο 1% της συνολικής τιμολογημένης.

Στο παράρτημα Γ φαίνεται ο πίνακας με την χρονική εξέλιξη των τιμολογημένων καταναλώσεων κάθε κατηγορίας για το διάστημα 1973 έως και το 1999. Με βάση τα δεδομένα αυτά χαράσσονται οι εικόνες 32 και 33 που οπτικοποιούν την χρονική εξέλιξη αφενός της κοινής παροχής σε σχέση με την συνολική κατανάλωση και αφετέρου τις υπόλοιπες κατηγορίες παροχών.



Εικόνα 31: Χρονική εξέλιξη κοινής παροχής σε σχέση με την συνολική παροχή (πηγή: Αρχείο ΕΥΔΑΠ)



Εικόνα 32: Λοιπές κατηγορίες παροχών (πηγή: Αρχείο ΕΥΔΑΠ)

3.8 Παράγοντες που καθορίζουν την ζήτηση του νερού

Από τις δεκαετίες του 1960 και 1970, παρατηρείται ήδη στις ΗΠΑ μια συστηματική αύξηση σε ανακοινώσεις σχετικά με τη ζήτηση νερού, όπου έμφαση δίδεται κυρίως σε περιοχές με σχετική έλλειψη νερού. Οι περισσότερες μελέτες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του εξυπηρετούμενου πληθυσμού, η τιμολόγηση, το κλίμα (κυρίως θερμοκρασία και βροχόπτωση), η ετήσια εποχικότητα και οι καμπάνιες περιορισμού της κατανάλωσης είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες για την ζήτηση νερού (R. Bruce Billings et al, 1989). Ιδιαίτερη μνεία γίνεται στην διάκριση In-Door και Out-Door κατανάλωσης, μιας και το πότισμα κήπων και η περιποίηση του γκαζόν είναι μια διαδεδομένη και υδροβόρα συνήθεια για τις αμερικάνικες οικογένειες (Anderson R. L., et al, 1980).

Από την δεκαετία του 1980, ο όγκος της βιβλιογραφίας αναφορικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν τη ζήτηση νερού αρχίζει να αυξάνεται σημαντικά, κάτι που συμβαίνει βέβαια σε αρκετά θεματικά πεδία. Το ενδιαφέρον εδώ έγκειται σε δύο ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, πρώτον, οι αναλύσεις «απελευθερώνονται» από τα στενά πλαίσια των «μέσων τιμών» και φτάνουν σε μεγάλο βαθμό χρονικής αλλά και χωρικής λεπτομέρειας πραγματικών δεδομένων και δεύτερον, επιχειρείται πλέον μια συστηματική/συγκριτική παρουσίαση των διαφορετικών προσεγγίσεων για την καλύτερη απόδοση της κατανάλωσης νερού τόσο σε θεωρητικό επίπεδο μοντέλων, όσο και σε πρακτικό επίπεδο υπολογιστικών προσεγγίσεων. Χαρακτηριστικές εργασίες συστηματικής ανασκόπησης, όπως των Arbués et al. (2003), Worthington et al. (2006), Ferrara (2008), House-Peters et al (2011), Donkor et al (2014), γίνονται πλέον τα κύρια σημεία βιβλιογραφικών αναφορών.

Αναζητώντας οι Grafton et al (2011), για λογαριασμό του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης, μια πιο «αντικειμενική» απάντηση στο κρίσιμο ερώτημα του πώς επηρεάζει την μείωση της ζήτησης η τιμολόγηση αλλά και άλλοι μη τιμολογιακοί παράγοντες (water-saving devices, environmental concerns, Household characteristics κ.τ.λ.), εξέτασαν δεδομένα από 10 διαφορετικές χώρες-μέλη, επιβεβαιώνοντας ότι η αυστηρή τιμολόγηση (με μετρητές ακριβείας) παραμένει ο σημαντικότερος παράγοντας για τον έλεγχο της ζήτησης ακόμη και

όταν ο «λογαριασμός» νερού είναι ένα μικρό μόνο τμήμα του οικογενειακού προϋπολογισμού.

Επίσης, μέχρι το 2006, όπως παρατηρεί ο Worthington, οι περισσότερες μελέτες αφορούσαν κυρίως τις ΗΠΑ, κάποιες ευρωπαϊκές περιπτώσεις και την Αυστραλία. Στις χώρες αυτές τα υδροδοτικά συστήματα μπορούν να χαρακτηριστούν ως «ώριμα», αφού η Ζήτηση έχει καλυφθεί από μεγάλα έργα προηγούμενων δεκαετιών και ο βασικός παράγοντας για διερεύνηση είναι η «Διαχείριση της Ζήτησης» κυρίως μέσω της τιμολόγησης και των προγραμμάτων περιορισμού της ζήτησης.

Από το 2006 και μετά φαίνεται ότι το βάρος των αναλύσεων μεταφέρεται στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπως η Βραζιλία (Marinoski et al, 2014) και νοτιοδυτική Ασία (Araral et al, 2013), όπου παρατηρείται ραγδαία αύξηση της ζήτησης και οι τοπικές επιχειρήσεις υδροδότησης καλούνται να προγραμματίσουν μεγάλα έργα για την εξασφάλιση του φυσικού πόρου (Cho R, 2011). Εντούτοις, σε αρκετές περιπτώσεις οι εργασίες προέρχονται από μελετητές δυτικών πανεπιστημίων που δεν έχουν άμεση πρόσβαση στα πραγματικά δεδομένα αλλά σε δημόσια κρατικά δεδομένα (πχ Huijen Niu: Approaches to Long-term Forecasting of Urban Water Demand in China, University of Newcastle, 1994).

Για τη ζήτηση νερού στην Ε.ΥΔ.Α.Π. έχουν γίνει στο παρελθόν αρκετές «κατά παραγγελία» μελέτες που αφορούσαν κυρίως μοντέλα με έμφαση στον εξυπηρετούμενο πληθυσμό, στις απώλειες του δικτύου διανομής, στην ανά κάτοικο κατανάλωση και τις χρήσεις (Watson 1975, Haiste 1983 και Γερμανόπουλος 1990). Η ερευνητική ομάδα του Ε.Μ.Π. «ΙΤΙΑ» έχει στην συνέχεια μελετήσει αρκετά από τα δεδομένα της ζήτησης νερού στην Ε.ΥΔ.Α.Π. με έμφαση στην Διαχείριση της Ζήτησης και την Τιμολογιακή Πολιτική, αλλά και τις χρονοσειρές των καταναλώσεων (Καλλιβωκά, 2011). Τα συμπεράσματα των μελετητών ήταν ότι η τιμολόγηση μπορεί να αποτελέσει μέσο ελέγχου της ζήτησης, το εισόδημα έχει θετική επίδραση στην ανά κάτοικο κατανάλωση ενώ οι απώλειες δικτύου εκτιμάται ότι θα μειωθούν από την καλύτερη διαχείριση του δικτύου.

Μελέτες αναφορικά με την κατανάλωση νερού υπάρχουν επίσης από ερευνητές άλλων εκπαιδευτικών ιδρυμάτων, όπως το Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο (Πλεξίδα, 2010 και Κυριακού, 2007), το Α.Π.Θ. (Μεντές, 2001), το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (Κόλλιας 2011), το Δ.Π.Θ. (Γρατσίου, 2005 και Ανέστης, 2005), το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Φαφούτης, 2008), το Πάντειο Πανεπιστήμιο (Bithas et al 2006) και άλλες. Τα αποτελέσματά τους, για τις μεταβλητές που εξέτασαν τελικώς ως αξιόπιστες ερμηνευτικές της ζήτησης, συμφωνούν με αυτά της διεθνούς βιβλιογραφίας.

Όλοι οι Έλληνες μελετητές αναγνωρίζουν μια χωρική κατανομή στην ζήτηση που ακολουθεί την χωρική κατανομή του εισοδήματος και των χρήσεων. Η επίδραση του εισοδήματος επιβεβαιώνεται επίσης και από την αρνητική συσχέτιση με την ανεργία στη μελέτη του Κόλλια. Ο Μπίθας διέκρινε επίσης μια υστέρηση (one year lag) της επίδρασης της μείωσης της τιμής του νερού στη Ζήτηση για την Αθήνα. Τα δημογραφικά χαρακτηριστικά (ηλικία, σύσταση νοικοκυριού, μορφωτικό επίπεδο κ.τ.λ.) φαίνεται ότι έχουν καθοριστικό ρόλο στην κατανάλωση. Εν τούτοις κάποια χαρακτηριστικά παρουσιάζουν σημαντική συσχέτιση, όπως το μορφωτικό επίπεδο και το εισόδημα κάτι που δημιουργεί δυσκολίες στην ερμηνεία. Αναφορικά με τις κλιματολογικές συνθήκες, τόσο η Πλεξίδα (κατανάλωση Αττικής) όσο και οι Δρ. Μεντές (κατανάλωση Θεσ/νικης) και Φαφούτης (κατανάλωση Βόλου), περιέλαβαν επίσης και μεταβλητές καιρού (θερμοκρασία και βροχόπτωση) χωρίς να βρουν ιδιαίτερη ερμηνευτική αξία. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι οι μελετητές έλαβαν υπόψη τους τετραμηνίες και τριμηνιαίες καταναλώσεις πελατών, κάτι που αναγνωρίζει και ο Φαφούτης στην αναλυτική σύγκριση των ευρημάτων του με αυτών του Μεντέ. Αυτός συνεπώς πρέπει να είναι και ένας από τους λόγους που η διάκριση σε In/Out-Door κατανάλωση δεν είχε ερμηνευτική σημασία για τους μελετητές. Η Πλεξίδα εν τούτοις βρήκε σημαντικά και θετικά συσχετισμένη με την κατανάλωση την περίπτωση εξοχικής κατοικίας, ενώ η Κυριακού (ζήτηση Κύπρου) βρήκε πως η καλοκαιρινή ζήτηση είναι μάλλον ανελαστική. Τα δύο αυτά ευρήματα θεωρούμε είναι μια έμμεση απόδειξη ότι οι υψηλές θερμοκρασίες οδηγούν σε υψηλές καταναλώσεις, αλλά χρονικές κλίμακες

μεγάλης διάρκειας δεν είναι κατάλληλες για να μελετηθεί με ακρίβεια η επίδραση του καιρού.

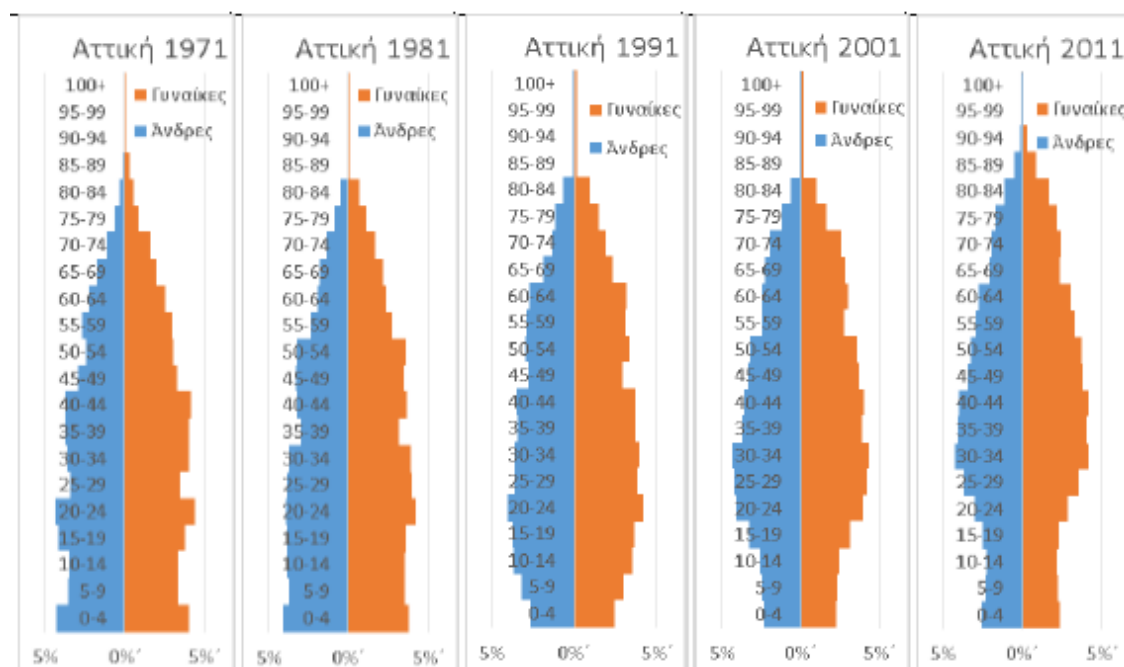
Διεξοδική αναφορά για τα συγκριτικά συμπεράσματα των μελετητών μπορούν να βρεθούν, όπως αναφέρθηκε ανωτέρω, στις εργασίες των Arbués, Worthington, Ferrara, House-Peters et al και Donkor. Στις εργασίες τους υπάρχει επίσης και μια παρουσίαση των μεθοδολογιών που χρησιμοποιήθηκαν στο παρελθόν για την πρόβλεψη της ζήτησης. Ειδικότερα η αναφορά της Ida Ferrara κάνει επίσης μια συνοπτική και εμπεριστατωμένη παρουσίαση και των «DataSets» που συνέλεξαν οι μελετητές. Θεωρώντας ότι δεν υπάρχει λόγος επανάληψη τους στην Ελληνική (εφόσον μάλιστα οι περισσότεροι Έλληνες μελετητές τις έχουν ήδη αναφέρει) για την πληρέστερη παρουσίαση του θέματος, θα δώσουμε μόνο μια κατηγοριοποίηση των παραγόντων, ακολουθώντας την αντίστοιχη της AWWA των ΗΠΑ όπως τις ταξινομεί ο R. Bruce Billings (1996).

3.8.1 Πληθυσμός και δημογραφικά χαρακτηριστικά

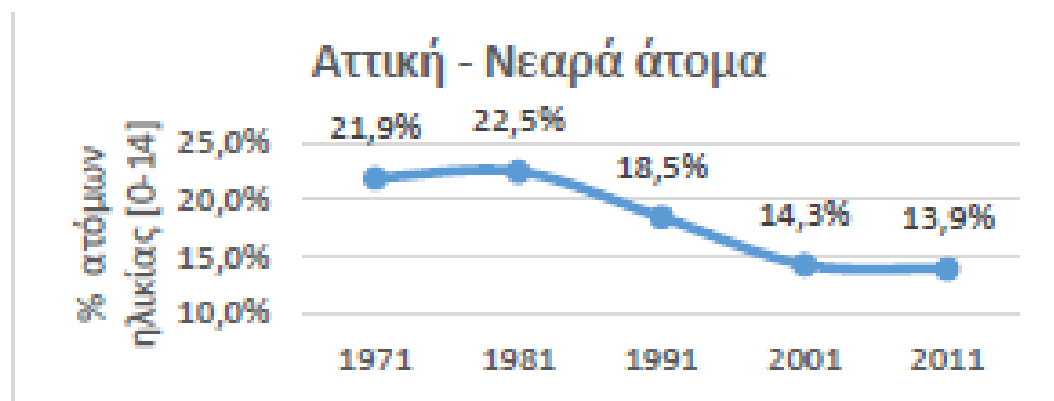
Ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός είναι συνήθως ο επικρατέστερος παράγοντας που καθορίζει την μακροχρόνια τάση στη κατανάλωση νερού. Ραγδαία αύξηση του πληθυσμού και αστικοποίηση, όπως σήμερα στην Ασία ή παλαιότερα στην χώρα μας, αυξάνει ταχύτατα την κατανάλωση νερού για οικιακή χρήση (Saleth and Dinar, 2000). Το μέγεθος του πληθυσμού (U.S. Army Corps of Engineers, 1981, OFWAT, 2000, E.E.A., 2001), ο αριθμός μελών ανά νοικοκυριό (Hunnings, 1996, OFWAT, 2000 και AWWA 2001), η ηλικία και το φύλο των μελών, το μορφωτικό και βιοτικό τους επίπεδο (Nauges and Thomas, 2000, Troy & Holloway, 2005, Portnov and Meir, 2008), οι τοπικές και πολιτιστικές συνήθειες (Maddaus et al., 1996), το μέγεθος και είδος κατοικίας, η ύπαρξη κήπου (Lyman, 1992 και Dandy et al. 1997, Renwick et al. 1998, Höglund, 1999 και Cheruseril & Arrowsmith, 2007), είναι στοιχεία που έχουν άμεση επίδραση στην κατανάλωση.

Εκτός λοιπόν από το απόλυτο μέγεθος του πληθυσμού, πολυμελείς οικογένειες, οικογένειες με πολλά παιδιά, άτομα παραγωγικής ηλικίας παρουσιάζουν μεγαλύτερη κατά κεφαλή κατανάλωση νερού. Άτομα με υψηλότερο μορφωτικό επίπεδο είναι συνήθως πιο ευαισθητοποιημένα στην ορθολογική χρήση νερού, αν

και το υψηλότερο εισόδημα που χαρακτηρίζει τις κοινωνικές τάξεις που ανήκουν συνδέεται τελικά με υψηλότερη κατανάλωση. Τις περισσότερες φορές η υψηλότερη κατανάλωση οφείλεται στο μέγεθος (τετραγωνικά, αριθμός δωματίων κ.τ.λ.) και τύπο της κατοικίας τους (κήποι, πισίνες κ.τ.λ.).



Εικόνα 33: Ηλικιακές Πυραμίδες για την Αττική με εμφανή την σταδιακή γήρανση του πληθυσμού (πηγή: ΕΛΣΑΤ)



Εικόνα 34: Η εξέλιξη του Νεαρού Πληθυσμού στην Αττική (πηγή: ΕΛΣΑΤ)

Μια άλλη σημαντική δημογραφική παράμετρος είναι και αυτή της μετανάστευσης, καθώς επηρεάζει άμεσα τη κατανάλωση του νερού αφού ο αριθμός των μεταναστών φτάνει (σύμφωνα με την απογραφή του 2010 πίνακας 18) στο 10% του πληθυσμού της Αττικής και η πλειονότητά τους ασχολείται με επαγγέλματα που

σχετίζονται άμεσα με την κατανάλωση νερού (οικιακοί βοηθοί, καθαρίστριες, οικοδομικές εργασίες κ.λπ.) και τέλος είναι εξαιρετικά δύσκολο να εκτιμηθεί η εξέλιξη του πληθυσμού στο μέλλον (υψηλός δείκτης γεννητικότητας).

Πίνακας 18: Πληθυσμιακά δεδομένα Νομού Αττικής (x1.000) (πηγή: Αρχείο ΕΥΔΑΠ)

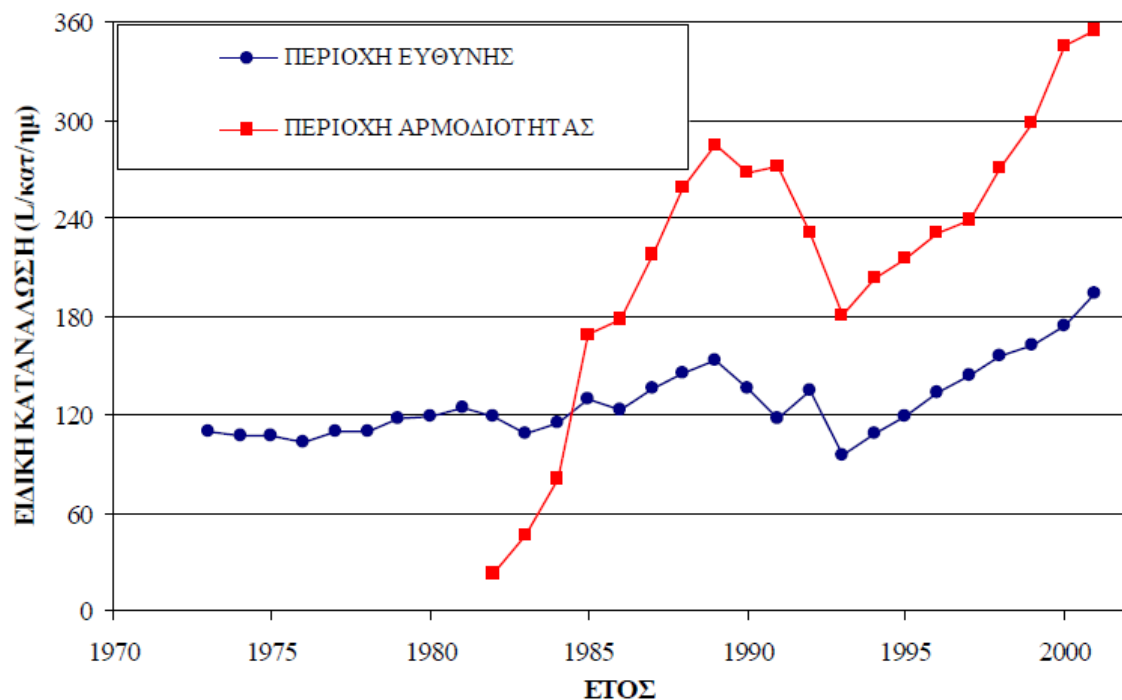
Πληθυσμός	1981	1991	2001	2003	2010
Περιφέρεια Πρωτευούσης	3.028	3.056	3.163	3.185	3.260
Περιοχή ευθύνης Ε.ΥΔ.Α.Π.	3.021	3.051	3.163	3.185	3.260
Υπόλοιπο Αττικής	342	450	599	610	650
Περιοχή αρμοδιότητας Ε.ΥΔ.Α.Π.	248	349	446	460	600
Αριθμός μη απογραφέντων αλλοδαπών νομού Αττικής	30	60	50	50	50

Όσο αφορά την καταγραφή του αριθμού των αλλοδαπών δεν είναι η πραγματική δεδομένου ότι θεωρείται είτε ότι δεν έχουν ολοκληρώσει τις νομικές τους υποχρεώσεις ως προς το ελληνικό κράτος, είτε ότι δεν έχει συμπεριληφθεί το νέο μεταναστευτικό κύμα από Τουρκία και Αραβικές χώρες.

Με βάση τις ποσότητες τιμολογημένου νερού για κοινή κατανάλωση και τους ΟΤΑ και τα δεδομένα του πίνακα 18, εκτιμήθηκε για κάθε έτος η μέση ημερήσια ειδική κατανάλωση στις περιοχές ευθύνης και αρμοδιότητας της Ε.ΥΔ.Α.Π. (εικόνα 27). Ακόμη, αναφέρεται ότι μέχρι το 1982 στην κοινή κατανάλωση συμπεριλαμβάνονται και άλλες χρήσεις, με κυριότερη την προμήθεια νερού στους ΟΤΑ.

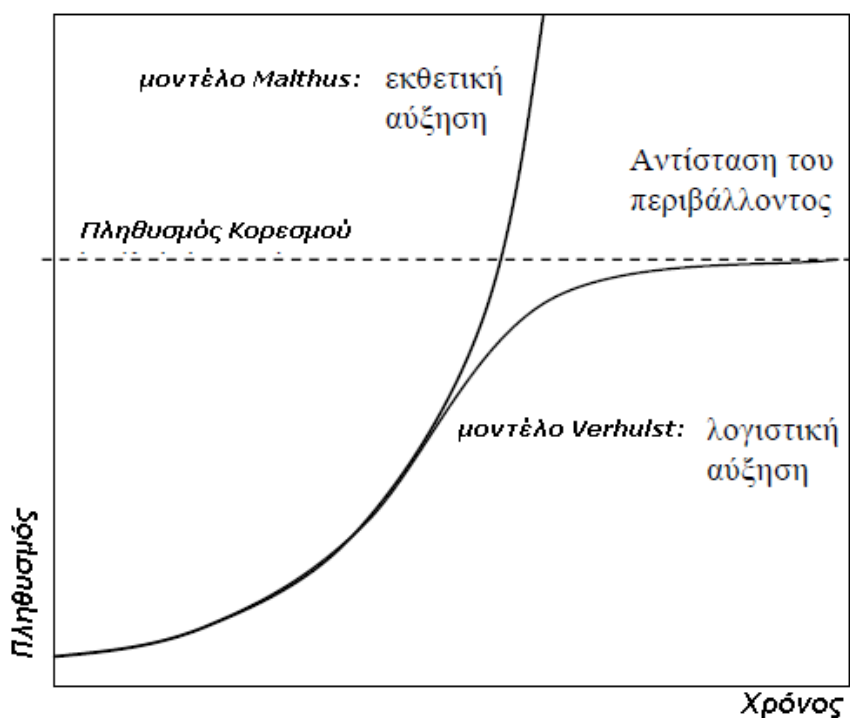
Από την εικόνα 26 φαίνεται ότι τη δεκαετία του 1970 η κατανάλωση κυμαίνονταν γύρω στα 120 L/κατ/ημ, ενώ στα μέσα της δεκαετίας του 1980 έφτασε στα 150 L/κατ/ημ, για να πέσει κάτω από 100 L/κατ/ημ το 1991, μετά τα έκτακτα μέτρα λόγω της λειψυδρίας. Η κατακόρυφη άνοδος από το 1994 μέχρι το 2000 (οπότε ξεπέρασε τα 160 L/κατ/ημ) θα πρέπει να αποδοθεί εν μέρει και στην αύξηση του πληθυσμού λόγω των ξένων μεταναστών. Η μεγάλη ειδική κατανάλωση των ΟΤΑ στην περιοχή αρμοδιότητας της Ε.ΥΔ.Α.Π. αποδίδεται στην άρδευση κήπων και στη μεγάλη μετακίνηση πληθυσμού που πραγματοποιείται προς το υπόλοιπο Αττικής κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

Συγκριτικά, αναφέρεται ότι η μέση οικιακή κατανάλωση των μεγάλων ευρωπαϊκών πόλεων κυμαίνεται σε 115-200 L/καταν./ημ.



Εικόνα 35: Ειδική κατανάλωση περιοχών ευθύνης και αρμοδιότητας Ε.ΥΔ.Α.Π. (πηγή: Αρχείο ΕΥΔΑΠ)

Μια σημαντική παράμετρος ελέγχου για να ελέγξουμε την διαχρονική πορεία του πληθυσμού μιας πόλης είναι ο Πληθυσμός Κορεσμού ή Πληθυσμός Χωρητικότητας, ο δυνητικά μέγιστος δηλαδή πληθυσμός που μπορεί να εξυπηρετήσει μια περιοχή με βάση την φέρουσα ικανότητα των φυσικών πόρων της περιοχής. Οι έντονες μεταναστευτικές ροές είναι πιθανόν να οδηγήσουν σε πρόσκαιρες αιχμές πληθυσμού. Αν όμως ο πολεοδομικός σχεδιασμός της πόλης δεν είναι ικανός να εξυπηρετήσει τον νέο πληθυσμό το πιθανότερο σενάριο είναι η σταδιακή διάχυση του πληθυσμού σε άλλες περιοχές για την εξεύρεση στέγης και των απαραίτητων υποδομών. Θα μπορούσε να γίνει δεκτό ότι ο Πληθυσμός Κορεσμού μιας περιοχής είναι ένα κυρίαρχο μέγεθος για τον τελικό μόνιμο πληθυσμό, παρουσιάζοντας σταθερότητα στο χρόνο, αφού για την αλλαγή του απαιτούνται σημαντικές αλλαγές στο Πολεοδομικό Σχεδιασμό και τις υποδομές της περιοχής. Παρότι ο ακριβής υπολογισμός του Πληθυσμού Κορεσμού απαιτεί σύνθετους υπολογισμούς και αναλυτικά πολεοδομικά δεδομένα, έχει αποδειχτεί στην πράξη ότι συνήθως ακολουθεί μια καμπύλη μορφής «S», όμοιο με αυτό της λογιστικής καμπύλης του μοντέλου πληθυσμών κατά Verhulst (Πατρώνης κ.α, 2012 και Τσακίρης, 2008).



Εικόνα 36: Θεωρητικές καμπύλες εξέλιξης πληθυσμού (πηγή: Πατρώνης κ.α.2012)

Με δεδομένο ότι η Αττική, βάση του μέχρι σήμερα πολεοδομικού σχεδιασμού της, είναι μια «ώριμη» πόλη με παγιωμένα πολεοδομικά δεδομένα αν δοκιμάσαμε το μοντέλο της φθίνουσας αύξησης του πληθυσμού για τα δεδομένα του τελευταίου τμήματος της λογιστικής καμπύλης «S» για τα έτη 1961-2011, χρησιμοποιώντας την σχέση (Τσακίρης, 2008),

$$Population_t = P_{sat} - (P_{sat} - P_o) \times e^{Lt}$$

Όπου:

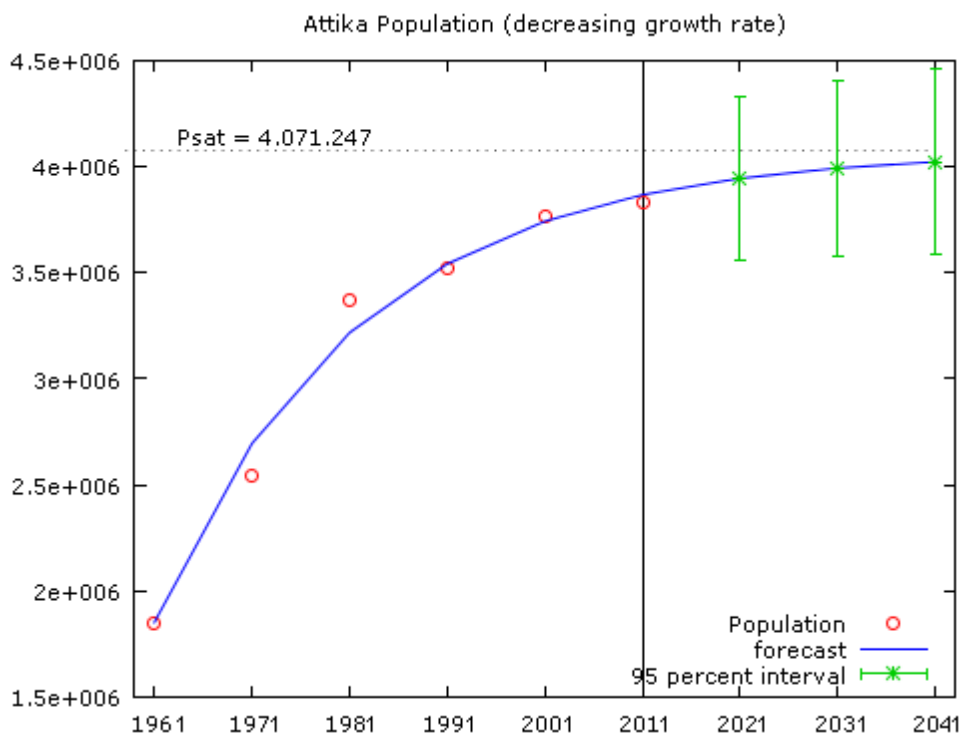
P_{sat} = Ο πληθυσμός κορεσμού

P_o = Ο πληθυσμός για το έτος $t=0$ (έτος 1961)

L = Η παράμετρος της καμπύλης

θα έχουμε πληθυσμός κορεσμού για την Αττική της τάξης των 4 εκατομμυρίων κατοίκων.

30 ετών πρόβλεψη πληθυσμού	
Έτος	Πληθυσμός
2021	3.944.965
2031	3.992.924
2041	4.022.668



Εικόνα 37: Πληθυσμός Κορεσμού για την Αττική - Διαχρονική προσέγγιση (πηγή: Πατρώνης κ.α.2012)

Με δεδομένο ότι ο Πληθυσμός Κορεσμού αποτελεί σταθερή αναφορά για τον έλεγχο της ικανότητας μιας πόλης να εξυπηρετεί τον πληθυσμό της, κάθε υπέρβαση του Πληθυσμού Κορεσμού αποτελεί ένα Alarm για τα δίκτυα κοινής ωφέλειας και τη Ε.ΥΔ.Α.Π. ειδικότερα.

3.8.2 Οικονομικοί παράγοντες και τιμολογιακή πολιτική

Σε όρους οικονομίας το νερό είναι ένα «κανονικό αγαθό» που συμμετέχει στην οικονομία στους τομείς της γεωργίας, βιομηχανίας/μεταποίησης και υπηρεσιών, αλλά παράλληλα και ένα θεσμοθετημένο «κοινωνικό αγαθό» (ΟΔΗΓΙΑ 2000/60 Ε.Ε.) που καταναλώνεται από τους κατοίκους. Η συμμετοχή του νερού ως πόρος κλειδί για την ευημερία και πλούτο μιας κοινωνίας έχει διατυπωθεί από αρκετούς μελετητές από το μακρινό παρελθόν (Marshall 1897).

Το υψηλό εγχώριο παραγόμενο προϊόν σχετίζεται με την υψηλή κατανάλωση νερού για οικονομικές χρήσεις στα αστικά κέντρα. Είναι χαρακτηριστικό ότι στις «ανεπτυγμένες» χώρες της Ε.Ε. το 23% του συνολικά χρησιμοποιούμενου νερού καταναλώνεται στην βιομηχανία, 12% για εμπορική/υπηρεσιών και μόνο 7% καταλήγει για οικιακή χρήση (United Nations Environment Programme, 2004).

Υψηλοί ρυθμοί ανάπτυξης στις αναδυόμενες οικονομίες, όπως αυτή της Κίνας, συνοδεύονται επίσης με σημαντική κατανάλωση νερού σε παραγωγικές εργασίες στον αστικό χώρο (Huen Niu, 1994).

Το εισόδημα των καταναλωτών έχει επίσης θετική επίδραση στην κατανάλωση (Höglund, 1999, Renwick & Green, 1999, Jones & Morris, 1984 και Moncur, 1987), καθώς και η αξία των εξυπηρετούμενων ακινήτων (Primeaux & Hollman, 1973, Nieswiadomy & Molina, 1989, Dandy et al. 1997 και Barkatullah, 2002).

Η τιμολόγηση (τιμή/m³ και είδη κλιμακωτής τιμολόγησης) είναι ένας από τους παράγοντες που καθορίζουν την κατανάλωση του νερού και ένα από τα λίγα εργαλεία για την διαχείριση της ζήτησης. Παρότι είναι σαφές ότι «ακριβότερη» τιμολόγηση νερού έχει αρνητική επίδραση στην κατανάλωση, η ακριβής επίδραση της τιμολόγησης είναι αντικείμενο συνεχούς μελέτης μέχρι και σήμερα (Howe & Linaweaver, 1967, Taylor, 1975, Wong, 1972, Young, 1973, Nordin, 1976, Foster & Beattie, 1979, Billings & Agthe, 1980, Jones & Morris, 1984, Martínez-Españeira, 2001 και Milutinovic, 2006).

Όλοι οι μελετητές καταλήγουν ότι η αύξηση της τιμής οδηγεί σε μείωση της κατανάλωσης χωρίς όμως η μείωση αυτή να είναι τόσο σημαντική όσο η αντίστοιχη αύξηση: price elasticity [-0.1, -0.4] .

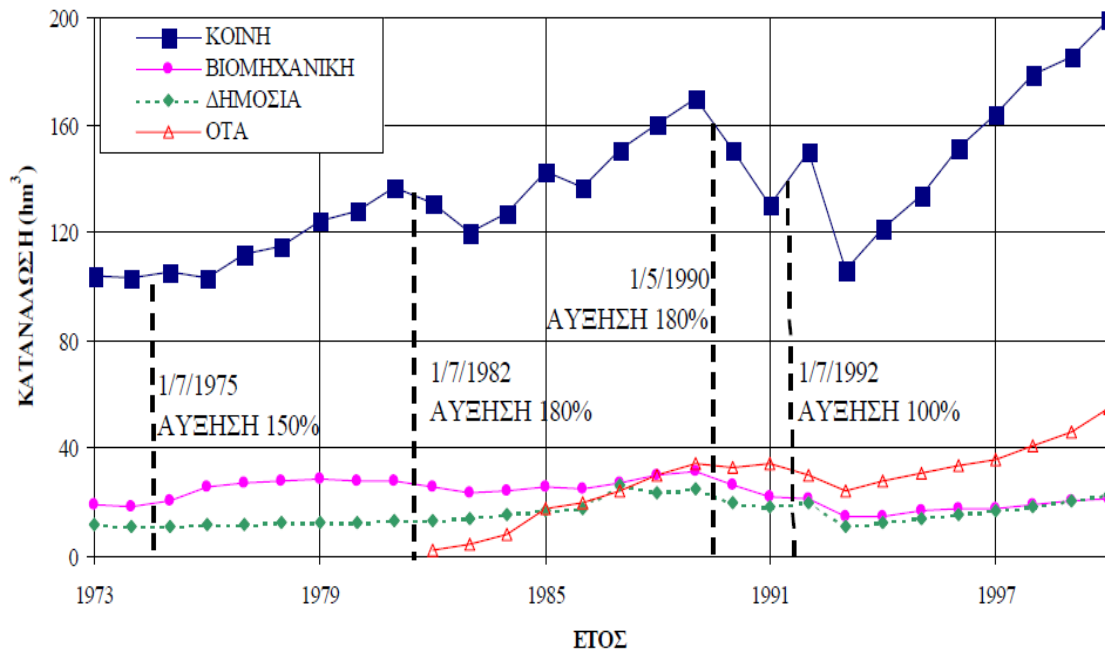
Στον πίνακα 19 παρουσιάζεται το ποσοστό μεταβολής των τιμών (σε σχέση με την εκάστοτε τρέχουσα τιμή) που επέβαλε η Ε.ΥΔ.Α.Π. στο παρελθόν για διάφορες κατηγορίες κατανάλωσης. Σημειώνεται ότι με βάση στοιχεία της περιόδου 1975 έως 1995 περίπου το 45% των συνδέσεων καταναλώνουν μέχρι 15 m³ ανά τρίμηνο, ενώ ένα άλλο 45% από 16-60 m³.

Πίνακας 19: Ποσοστό μεταβολής της τιμής του νερού για τις διάφορες κλίμακες κατανάλωσης (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Ημερ.	Κατηγορία κατανάλωσης (m ³)									
	10	15	20	30	40	50	60	81	105	200
1/7/1975	202	158	141	134	131	129	128	126	125	124
1/7/1982	133	148	197	234	251	261	268	277	282	291
1/7/1985	0	0	5	8	9	10	11	11	11	12
1/7/1986	24	22	13	7	5	4	3	2	2	1

1/7/1988	21	19	5	12	15	17	18	19	20	21
1/1/1990	-8	-11	-13	6	18	25	29	34	37	41
1/5/1990	159	176	184	202	237	265	281	298	309	323
1/1/1991	-20	-20	-20	-8	-5	-3	-2	-2	-1	-1
1/1/1992	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
1/7/1992	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1/12/1995	15	15	15	18	19	19	20	20	20	20

Στην εικόνα 39 παρουσιάζεται, ακόμη, η επίδραση των σημαντικότερων αυξήσεων της τιμής του νερού στις διάφορες κατηγορίες ετησίων καταναλώσεων. Η πρώτη σημαντική αύξηση του 1975 δεν επέφερε μείωση της ετήσιας κατανάλωσης, αφού απλώς διόρθωσε την πολύ μικρή τιμή του νερού η οποία είχε να μεταβληθεί περίπου 20 χρόνια. Οι αυξήσεις των ετών 1982, 1990 και 1992 επέφεραν σημαντική μείωση, ιδιαίτερα στην κοινή κατανάλωση, αφού η τιμή πολλαπλασιάστηκε (από 1/1/1990 έως 1/7/1992 η τιμή του νερού αυξήθηκε κατά 400-900% ανάλογα με την ποσότητα). Χαρακτηριστικό είναι ότι το σχετικά υγρό υδρολογικό έτος 1990-91, που έφερε μικρή αύξηση στα αποθέματα των ταμιευτήρων, έδωσε την εσφαλμένη εντύπωση ότι η λειψυδρία εκείνη τελείωσε και η εταιρεία προχώρησε σε μικρή μείωση του τιμολογίου, την 1/1/1991. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να αυξηθεί η κατανάλωση του 1992 κατά περίπου 15% σε σχέση με το 1991. Ακόμη, θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι, ενώ η τιμή του νερού για κοινή κατανάλωση πολλαπλασιάστηκε, δεν έγινε το ίδιο για τις άλλες χρήσεις. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι για το διάστημα 1/1/1990 μέχρι 1/7/1992 η τιμή του νερού για χρήση από τους ΟΤΑ απλώς διπλασιάστηκε (ανεξάρτητα από ποσότητα), ενώ η τιμή ήταν η μισή σε σχέση με αυτήν της κοινής κατανάλωσης. Έτσι, όπως φαίνεται και από την εικόνα 39, η μείωση της κατανάλωσης νερού από τους ΟΤΑ ήταν σχετικά μικρή.



Εικόνα 38: Επίδραση τιμής νερού στις διάφορες κλίμακες καταναλώσεων (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)

3.8.3 Πολιτικές μείωσης κατανάλωσης και τεχνολογίας

Τα τελευταία χρόνια το νερό αναγνωρίστηκε ως ένας μη ανεξάντλητος και πολύτιμος φυσικός πόρος και παράλληλα άλλαξε η πολιτική χρήσης του. Τόσο οι εταιρείες ύδρευσης, όσο και οι εταιρείες οικιακών συσκευών στράφηκαν προς μέτρα που είχαν να κάνουν με την διατήρηση του πόρου (Cunningham and Saigo, 2001).

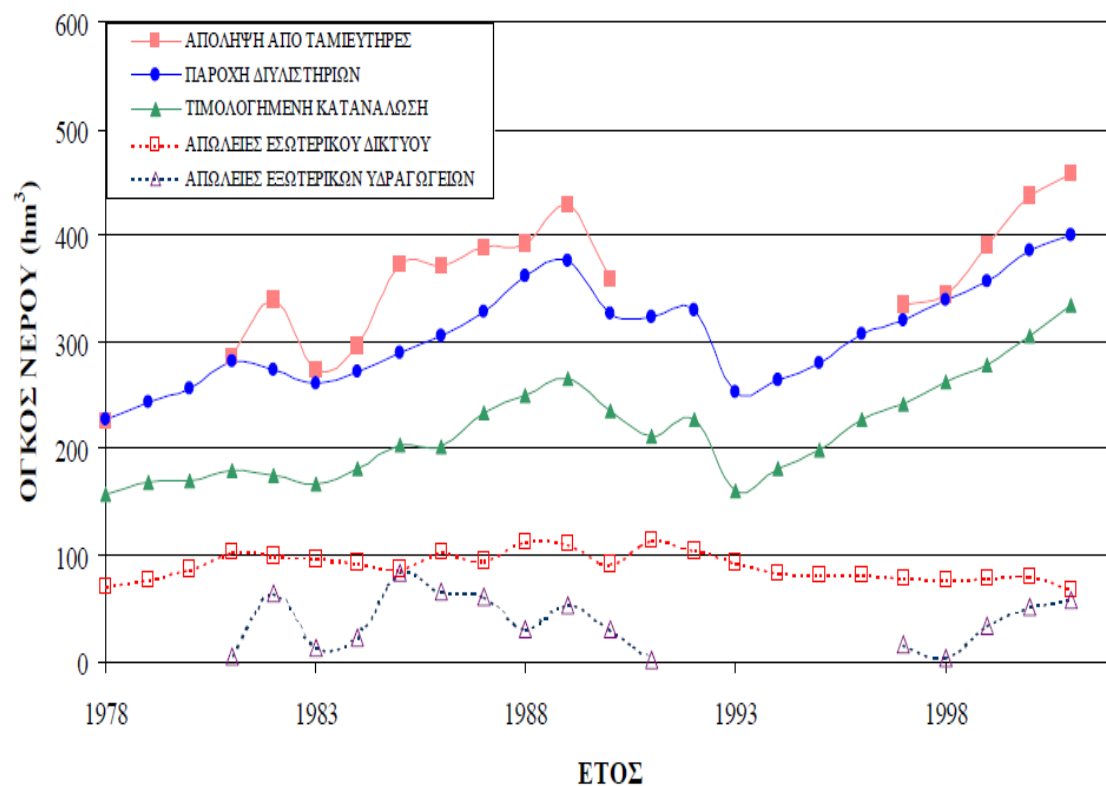
Πολιτικές μείωσης της κατανάλωσης που εφαρμόστηκαν κατά περίπτωση είναι περιορισμοί στην «εκτός σπιτιού» [Out-door] χρήση νερού όπως πλύσιμο αυτοκινήτων, χρήση μάνικας κ.τ.λ., αλλά λύσεις από την τεχνολογία όπως εγκατάσταση νέων προϊόντων με χαμηλότερη κατανάλωση νερού, μικρότερα καζανάκια αποχωρητηρίου, βρύσες με αυτόματο κλείσιμο σε δημόσιους χώρους, αποδοτικότερα ποτιστικά συστήματα κήπων και χώρων πρασίνου, πλυντήρια με μικρότερη κατανάλωση νερού κτλ. Σε αρκετές περιπτώσεις για την μείωση της κατανάλωσης αξιοποιούνται οργανωμένες ενημερωτικές «καμπάνιες».

Στην κατηγορία αυτή θα μπορούσαμε επίσης να ενταχθεί και η οργανωμένη προσπάθεια των εταιρειών ύδρευσης για την μείωση των απωλειών του δικτύου τους που είναι κατά περίπτωση σημαντικές. Στην Ευρώπη οι απώλειες δικτύου

κυμαίνονται από 3% για την Γερμανία μέχρι 50% για την Βουλγαρία (European Environmental Agency, 2000).

Οι συνολικές απώλειες νερού υπολογίζονται ως η διαφορά του συνολικού όγκου νερού που τιμολογείται από τον όγκο που καταγράφεται στην έξοδο των ταμιευτήρων. Η διαφορά αυτή προέρχεται από τις απώλειες των εξωτερικών υδραγωγείων κατά τη διαδρομή μέχρι τα διυλιστήρια και τις απώλειες του εσωτερικού δικτύου ύδρευσης. Οι πρώτες περιλαμβάνουν διαρροές, υπερχειλίσσεις ή μη μετρούμενες παροχές στη διαδρομή μέχρι τα διυλιστήρια ενώ οι δεύτερες προέρχονται από τα σφάλματα των οικιακών υδρομετρητών που υποεκτιμούν την εισερχόμενη ποσότητα και από διαρροές του εσωτερικού δικτύου ή παράνομες απολήψεις. Ακόμη, σημαντικές ποσότητες του εισερχόμενου νερού χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία των διυλιστηρίων. Με βάση τα δεδομένα καταναλώσεων του τελευταίου υδρολογικού έτους (2001-02) τα ποσοστά των ποσοτήτων αυτών ως προς το εισερχόμενο νερό εκτιμώνται σε 2.8% για τη Μάνδρα, 2.4% για τα Κιούρκα, 1.9% για το Μενίδι και 0.9% για το Γαλάτσι (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.). Η ετήσια απόληψη από τους ταμιευτήρες εκτιμάται με βάση τις ποσότητες που καταγράφονται στη σήραγγα της Γκιώνας, στο αντλιοστάσιο Μουρικίου και στα σημεία που ενισχύονται από γεωτρήσεις τα υδραγωγεία Μόρνου και Υλίκης. Στην εικόνα 29 παρουσιάζονται οι ποσότητες που λαμβάνονται από τις πηγές (ταμιευτήρες και γεωτρήσεις), οι ποσότητες που εξέρχονται από τα διυλιστήρια και οι ποσότητες που τελικά φτάνουν στον καταναλωτή και τιμολογούνται. Ακόμη στο ίδιο σχήμα παρουσιάζονται οι απώλειες των εξωτερικών και εσωτερικών υδραγωγείων. Στον πίνακα του παραρτήματος Δ παρουσιάζονται τα ίδια δεδομένα και υπολογίζονται επιπλέον τα ποσοστά των απωλειών. Από τα δεδομένα της εικόνας 40 και του πίνακα (παρ. Δ) προκύπτει ότι οι απώλειες των εξωτερικών υδραγωγείων παρουσιάζουν σημαντική διακύμανση ενώ οι απώλειες του εσωτερικού δικτύου έχουν σταθεροποιηθεί τα τελευταία επτά χρόνια στη τιμή των 80hm³. Η μεγάλη διακύμανση των απωλειών των εξωτερικών δικτύων οφείλεται κυρίως σε σφάλματα μετρήσεων αφού υπάρχουν πολλά έτη κατά τα οποία οι υπολογισμένες με βάση τα δεδομένα απώλειες έχουν αρνητικό πρόσημο. Ακόμη, σε μικρότερο βαθμό, η αβεβαιότητα οφείλεται στη διάθεση ποσοτήτων

κατά μήκος των υδραγωγείων για ύδρευση και άρδευση και την πλήρωση του ταμιευτήρα Μαραθώνα. Το έτος 2001 οι ποσότητες νερού που ελήφθησαν από τους ταμιευτήρες υπολείπονταν σε σχέση με την παροχή των διυλιστηρίων κατά 57hm^3 (ποσοστό 12%), χωρίς να ληφθούν υπόψη οι υδρεύσεις κατά μήκος του υδραγωγείου του Μόρνου (εκτιμώνται περίπου στα 7hm^3). Όμως, λαμβάνοντας υπόψη μόνο τα πρόσφατα δεδομένα ώστε να εκτιμηθεί ποσοτικά το σύνολο των παραγόντων (ύδρευση, άρδευση κ.λπ.) και κάνοντας εύλογες παραδοχές (σχετικά με τις εισροές στον ταμιευτήρα του Μαραθώνα) οι απώλειες των εξωτερικών υδραγωγείων εκτιμώνται σε 10%.



Εικόνα 39: Χρονική εξέλιξη απωλειών (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)

3.8.4 Κλιματολογικές συνθήκες και εποχικότητα

Το σημαντικότερο μέρος της διακύμανσης στην ζήτηση νερού μπορεί να ερμηνευτεί από τις κλιματολογικές συνθήκες και την εποχικότητα. Οι περισσότεροι ερευνητές εστιάζουν στην επίδραση του κλίματος στην ζήτηση νερού σε μια πόλη (Howe & Linaweaver 1967, Wong 1972, Foster & Beattie 1979, Billings & Agthe 1980, Maidment & Miaou 1986, Chesnutt & McSpadden 1991, Griffin and Chang 1990, Nieswiadomy & Molina, 1991, Reid Crowther & Partners 1992, Hewitt and Hanemann 1995 Hoffman et al.2006).

Οι μεταβλητές του κλίματος που εξετάζουν είναι βασικά η θερμοκρασία και η βροχόπτωση και περιστασιακά άλλοι παράγοντες όπως η ηλιακή ακτινοβολία και η εξατμισοδιαπνοή. Εξετάζονται αρκετές διαφορετικές εκδοχές, όπως μέγιστες ή μέσες τιμές για ημέρα, μήνα ή και εποχή. Η διάκριση σε In/Out-Door κατανάλωση είναι επίσης σημαντική για την κατανόηση της εποχικότητας.

Όλες οι μελέτες καταδεικνύουν ότι υψηλές θερμοκρασίες συνδέονται ισχυρά με υψηλές καταναλώσεις και φαινόμενα βροχόπτωσης με μικρότερες καταναλώσεις, όχι όμως το ίδιο ισχυρά. Η ερμηνεία της συσχέτισης του κλίματος με την κατανάλωσης ερμηνεύεται από την εκτός σπιτιού κατανάλωση (Out-door consumption) σε κήπους και άλλες χρήσεις, όπου η χρήση νερού αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας από ψυχρότερη ημέρα σε θερμότερη ημέρα, αλλά και από ψυχρότερη περιοχή σε θερμότερη (Nieswiadomy & Molina, 2010). Αναφορικά με το δεύτερο σημαντικό κλιματολογικό παράγοντα, την βροχή, η επίδρασή του είναι αρνητική για την κατανάλωση, παρότι η πραγματική συσχέτιση με την κατανάλωση είναι αποτέλεσμα και λοιπών ψυχολογικών/υποκειμενικών παραγόντων (Martínez-Españeira, 2009) με αποτέλεσμα να είναι σημαντικότερο το φαινόμενο της βροχόπτωσης και των ημερών βροχής από το απόλυτο μέγεθος του ύψους βροχής.

3.9 Υδατικοί πόροι

Το σύστημα των υδατικών πόρων της Ε.ΥΔ.Α.Π. περιλαμβάνει τους τρεις ποταμούς με σχεδόν συνεχή ροή (Μόρνος, Εύηνος και Βοιωτικός Κηφισός), δύο ποταμούς χειμαρρικής δίαιτας (Χάραδρος και Ασωπός), τη λίμνη Υλίκη καθώς και το σύστημα των υπόγειων υδροφορέων του Βοιωτικού Κηφισού, της Υλίκης και της Βορειοανατολικής Πάρνηθας.

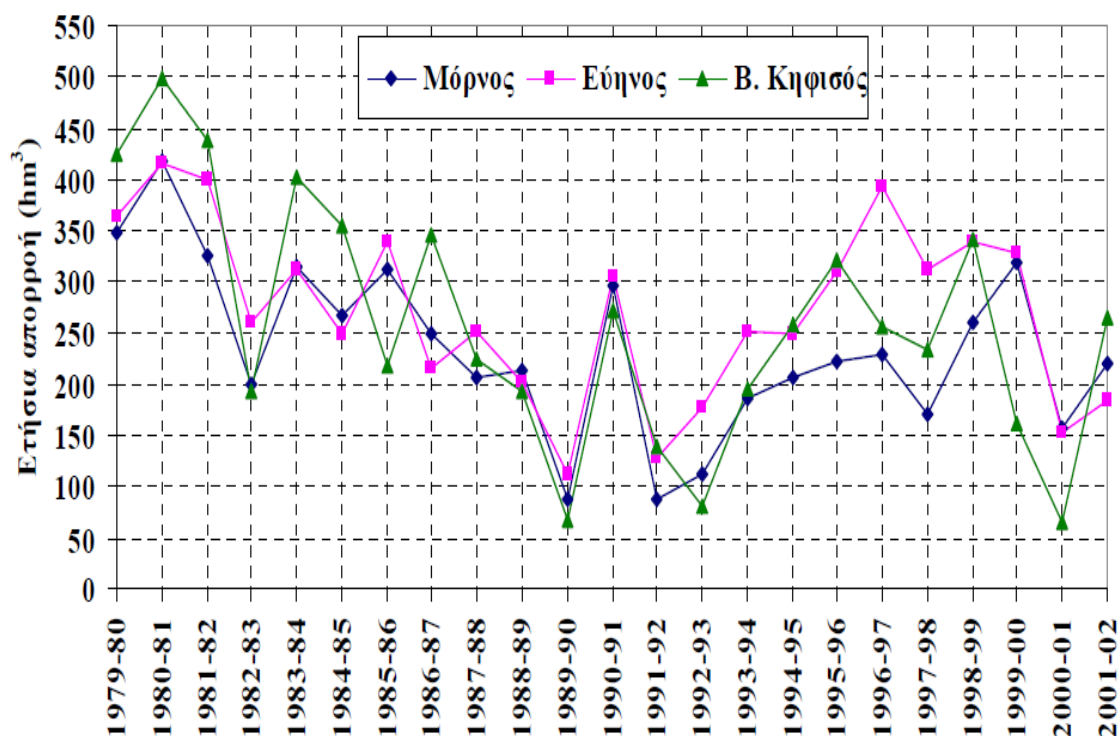
Οι ποταμοί Μόρνος, Εύηνος, Βοιωτικός Κηφισός και Χάραδρος συλλέγουν την απορροή των αντίστοιχων λεκανών και την αποδίδουν στους ταμιευτήρες της Ε.ΥΔ.Α.Π. και στη λίμνη Υλίκη. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των ποταμών και των λεκανών απορροής τους (ανάντη των ταμιευτήρων) φαίνονται στον πίνακα 20. Το συνολικό επιφανειακό δυναμικό του συστήματος ανέρχεται, κατά μέσο όρο, σε 822hm³.

Πίνακας 20: Χαρακτηριστικά μεγέθη λεκανών απορροής (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Λεκάνη απορροής	Ένταση (km ²)	Μέση ετήσια απορροή (hm ³)
Μόρνος (ανάντη φράγματος)	588,1	235,3
Εύηνος (ανάντη φράγματος)	351,9	277,7
Β. Κηφισός και Υλίκης ⁽¹⁾	2.466,6	295,0
Χαλανδρίου (ανάντη φράγματος)	118,0	14,4
Ασωπού	759,0	
(1) Η λεκάνη του Β. Κηφισού έχει έκταση 2.042,6 km², ενώ η λεκάνη της Υλίκης 424km²		

Μέτρο εκτίμησης του υδατικού δυναμικού μιας λεκάνης είναι η διερχόμενη παροχή του κύριου υδατορεύματος της λεκάνης στην έξοδό της, που προσδιορίζεται με δύο εναλλακτικές μεθόδους. Η πρώτη συνίσταται στη χρονική ολοκλήρωση της υδρομετρικής πληροφορίας, με χρήση εξισώσεων στάθμης-παροχής. Η δεύτερη μέθοδος είναι έμμεση, βασίζεται στην κατάρτιση χρονοσειρών υδατικού ισοζυγίου του ταμιευτήρα που τροφοδοτεί ο ποταμός και απαιτεί τη μέτρηση ή εκτίμηση όλων των υπόλοιπων ποσοτήτων που εισρέουν σε αυτόν ή εκρέουν από αυτόν. Η μεθοδολογία περιγράφεται αναλυτικά από τους Ευστρατιάδη κ.ά. (2000).

Οι αναλυτικοί πίνακες των χρονοσειρών απορροής και των στοιχείων ισοζυγίου των ταμιευτήρων που υπεισέρχονται στους υπολογισμούς παρατίθενται στο Παράρτημα Β. Στην εικόνα 41 απεικονίζονται οι απορροές των λεκανών Μόρνου, Εύηνου και Βοιωτικού Κηφισού για τα υδρολογικά έτη 1979-80 έως 2001-02, για τα οποία υπάρχει κοινό ιστορικό δείγμα. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι το δυναμικό των λεκανών αλλά και η δίαιτα των απορροών είναι, σε γενικές γραμμές παρόμοια. Εξαίρεση αποτελεί το τελευταίο υδρολογικό έτος, κατά το οποίο, μετά από δύο διαδοχικές περιόδους εξαιρετικά χαμηλής υδροφορίας, υπήρξε σημαντική ανάκαμψη της απορροής του Βοιωτικού Κηφισού, ενώ η ανάκαμψη στον Εύηνο και το Μόρνο ήταν σαφώς πιο περιορισμένη.



Εικόνα 40: Χρονοσειρές ετήσιας απορροής λεκανών Μόρνου, Ευήνου και Β. Κηφισού (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Στην συνέχεια κρίνεται σκόπιμο να γίνει μια σύντομη αλλά περιεκτική περιγραφή των λεκανών αυτών απορροής.

3.9.1 Ποταμός Μόρνος

Η έκταση της λεκάνης απορροής του Μόρνου στη θέση του φράγματος είναι 588,1km². Η ωφέλιμη χωρητικότητα του ταμιευτήρα είναι 630hm³.

Οι εκροές από τη σήραγγα της Γκιώνας μετρούνται στον υπερχειλιστή παχείας στέψης (total). Οι απώλειες στη σήραγγα λαμβάνονται ίσες με 1,0m³/s για συνεχή λειτουργία μέχρι το Δεκέμβριο του 1983, ενώ θεωρούνται αμελητέες για τη συνέχεια. Οι συνολικές διαρροές από τον ταμιευτήρα προκύπτουν από το διπλασιασμό των μετρημένων ή υπολογισμένων απωλειών από τη σήραγγα του Πύρνου, οι οποίες εκτιμώνται από την εμπειρική σχέση (Τζεράνης, 1989). Από τη λειτουργία του ταμιευτήρα (φθινόπωρο 1979) και έπειτα, οι παροχές εκτιμώνται βάσει των μηνιαίων δεδομένων ισοζυγίου του ταμιευτήρα λαμβάνοντας υπόψη τις ακόλουθες συνιστώσες,

- ✓ Τη μεταβολή του αποθέματος του ταμιευτήρα.
- ✓ Τις εκροές από τη σήραγγα της Γκιώνας για την ύδρευση της Αθήνας.

- ✓ Τις απώλειες και τις μη μετρημένες εκροές από τη σήραγγα της Γκιώνας.
- ✓ Τις υπερχειλίσεις από τον ταμιευτήρα.
- ✓ Τις απώλειες λόγω των υπόγειων διαφυγών.
- ✓ Την επιφανειακή βροχόπτωση στον ταμιευτήρα.
- ✓ Την εξάτμιση από την επιφάνεια του ταμιευτήρα.
- ✓ Τις εισροές από τον ταμιευτήρα Ευήνου.

$$L = 0,012(z - 390) + 0,007$$

Όπου:

L = Οι απώλειες σε $\text{hm}^3/\text{μήνα}$

z = Η απόλυτη στάθμη του ταμιευτήρα σε m

Ο όγκος της βροχής στον ταμιευτήρα υπολογίζεται συναρτήσει των τιμών βροχόπτωσης του βροχομετρικού σταθμού Λιδορικού, ο οποίος είναι ο πλέον κοντινός στον ταμιευτήρα. Οι απώλειες λόγω εξάτμισης εκτιμώνται είτε με εφαρμογή της αναλυτικής μεθόδου Penman (για όσο διάστημα υπάρχουν ταυτόχρονες μετρήσεις θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, ηλιοφάνειας και ταχύτητας ανέμου) είτε με εμπειρικές μεθόδους, συναρτήσει μόνο της θερμοκρασίας.

Με βάση τόσο τα δεδομένα των περιόδων προ της κατασκευής του φράγματος όσο και τα αποτελέσματα από την επίλυση της εξίσωσης ισοζυγίου, η μέση ετήσια απορροή του Μόρνου ανέρχεται σε $269,9 \text{ hm}^3$, ενώ εάν ληφθούν υπόψη μόνο τα δεδομένα από το 1979 και έπειτα (τα οποία θεωρούνται σαφώς πιο αξιόπιστα), η τιμή αυτή κατέρχεται σε $235,3 \text{ hm}^3$ (πίνακας 21).

Πίνακας 21: Στατιστικά μεγέθη απορροής Μόρνου στην θέση του φράγματος (hm^3)
(πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)

	Οκτ.	Νοε	Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Έτος
Μέση τιμή ⁽¹⁾	9.3	27.5	43.5	39.7	38.9	34.1	30.2	20.7	10.7	6.3	4.5	4.5	269.9
Τυπική απόκλιση ⁽¹⁾	11.9	22.1	27.2	32.5	25.8	15.9	10.2	9.3	5.1	3.3	2.8	2.9	99.7
Μέση τιμή ⁽²⁾	6.5	22.4	40.3	30.0	30.6	32.2	28.6	19.5	9.5	6.4	4.8	4.6	235.3
Τυπική απόκλιση ⁽²⁾	5.8	15.8	27.0	21.7	16.4	15.6	8.8	7.5	3.5	2.9	3.1	3.2	83.8
Μέγιστο	60.2	93.6	104.0	131.5	127.8	67.1	51.3	44.8	28.4	16.6	11.2	11.5	461.0
Ελάχιστο	0.0	4.8	5.7	2.9	3.9	5.8	11.0	3.9	3.1	1.5	0.0	0.0	86.5
(1) Υπολογισμός με βάση το πλήρες δείγμα													
(2) Υπολογισμός με βάση το δείγμα απορροής των υδρολογικών ετών 1979 – 80 (έναρξη ταμιευτήρα) έως το 2013 -14													

3.9.2 Ποταμός Εύηνος

Η έκταση της λεκάνης απορροής του Ευήνου στη θέση του φράγματος Αγίου Δημητρίου είναι 351,9km². Η κατάρτιση του δείγματος εισροών στον ταμιευτήρα, μέχρι και την έναρξη λειτουργίας του, έχει γίνει μέσω αναγωγής των απορροών του ποταμού στη θέση Πόρος Ρηγανίου σε μηνιαίο βήμα (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.). Οι απορροές στη θέση Πόρος Ρηγανίου έχουν υπολογιστεί βάσει πρωτογενών δεδομένων, τα οποία περιλαμβάνουν τιμές στάθμης σε ημερήσια (από καταγραφές σταθμημέτρου) και ωριαία βάση (από καταγραφές του σταθμηγράφου), καθώς και υδρομετρήσεις. Η αναγωγή στη θέση Άγιος Δημήτριος γίνεται μέσω της απλής σχέσης,

$$\frac{Q_{\text{Αγ.Δημητρίου}}}{Q_{\text{Πόρος}}} = \frac{F_{\text{Πόρος}}}{F_{\text{Πόρος}}} \approx 0,40 \quad (1)$$

Όπου:

Q_i = Η μηνιαία απορροή στην θέση i

F_i = Το εμβαδόν της αντίστοιχης θέσης ανάντη υπολεκάνης

Σημειώνεται ότι για την περίοδο από τον Μάιο του 1995 μέχρι το Νοέμβριο του 1999, οπότε λειτούργησε το προσωρινό έργο υδροληψίας, στην τιμή απορροής του Πόρου Ρηγανίου έχει προστεθεί και ο όγκος εκροής προς τον ταμιευτήρα του Μόρνου, μέσω της σήραγγας εκτροπής του φράγματος Ευήνου.

Από τον Σεπτέμβριο 2001, οπότε τέθηκε σε λειτουργία ο ταμιευτήρας Ευήνου, η εκτίμηση της απορροής γίνεται με τη μέθοδο του υδατικού ισοζυγίου, που είναι ασφαλέστερη από τη μέθοδο αναγωγής που περιγράφηκε παραπάνω. Η κατάρτιση του μηνιαίου ισοζυγίου του ταμιευτήρα γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τις ακόλουθες συνιστώσες,

- ✓ Τη μεταβολή του αποθέματος του ταμιευτήρα.
- ✓ Τις εκροές από τη σήραγγα Ευήνου-Μόρνου.
- ✓ Τις υπερχειλίσεις από τον ταμιευτήρα.
- ✓ Την επιφανειακή βροχόπτωση στον ταμιευτήρα.
- ✓ Την εξάτμιση από την επιφάνεια του ταμιευτήρα.
- ✓ Την εκροή κατάντη για λόγους περιβαλλοντικής διατήρησης.

Η βροχόπτωση στον ταμιευτήρα καταγράφεται στον μετεωρολογικό σταθμό που έχει εγκαταστήσει ο εργολάβος του έργου, ενώ οι απώλειες λόγω εξάτμισης εκτιμώνται κατά αντίστοιχο τρόπο με τον εργολάβος του έργου, ενώ οι απώλειες λόγω εξάτμισης εκτιμώνται κατά αντίστοιχο τρόπο με τον ταμιευτήρα του Μόρνου (Ευστρατιάδης, και συν., 2001). Σημειώνεται ότι η εκροή κατάντη του φράγματος προβλέπεται από τους περιβαλλοντικούς όρους της λειτουργίας του ταμιευτήρα, όπως αναλύεται στο Κεφάλαιο 6. Με βάση τα παραπάνω, η μέση ετήσια απορροή του Ευήνου στη θέση του φράγματος για τα υδρολογικά έτη από το 1970-71 έως το 2001-02 ανέρχεται σε $277,7 \text{ hm}^3$ (πίνακας 22).

Πίνακας 22: Στατιστικά μεγέθη απορροής Ευήνου στη θέση του φράγματος (hm³)
(πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)

	Οκτ.	Νοε	Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Έτος
Μέση τιμή	6.6	26.6	53.6	38.9	42.7	38.2	32.9	19.2	7.8	4.6	3.3	3.2	277.7
Τυπική απόκλιση	5.4	18.9	36.8	24.4	23.6	18.7	12.6	7.7	2.7	1.4	0.9	1.7	78.3
Μέγιστο	27.1	77.7	167.2	111.7	100.3	99.1	64.8	33.4	16.1	7.3	5.9	10.3	414.7
Ελάχιστο	1.9	4.2	7.4	5.7	4.3	6.4	11.0	5.9	3.2	2.1	1.9	0.6	113.2

3.9.3 Σύστημα Βοιωτικού Κηφισού – Υλίκης

Το σύστημα του Βοιωτικού Κηφισού και της Υλίκης ως φυσικός αποδέκτης, αποτελεί επιφανειακό υδατικό πόρο με στενή διασύνδεση και αλληλεπίδραση με υπόγειους υδατικούς πόρους. Η λεκάνη απορροής του Βοιωτικού Κηφισού έχει έκταση 2.042,6km². Από το 1907, διατίθενται συνεχείς και συστηματικές εκτιμήσεις της παροχής του Βοιωτικού Κηφισού μέσω της Σήραγγας Καρδίτσας, οι οποίες πραγματοποιούνται επί της Συγκεντρωτικής Διώρυγας. Στο σημείο αυτό υπάρχει εγκατεστημένο σταθμήμετρο της Ε.ΥΔ.Α.Π., όπου μετράει η στάθμη του ποταμού κάθε πρωί, ενώ η αντίστοιχη παροχή εκτιμάται με βάση την εξίσωση ομοιόμορφης ροής του Manning.

$$V = \frac{1}{n} R_h^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Όπου:

V = Η μέση ταχύτητα

n = Συντελεστής ταχύτητας του Manning

Rh = Η υδραυλική ακτίνα

S = Η κλίση της ενέργειας (για σταθερή ομοιόμορφη ροή S =S₀)

Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1980 υπήρχε και δεύτερο σταθμήμετρο, το οποίο λειτουργούσε υπό την εποπτεία του ΥΠΕΧΩΔΕ. Γενικά, στη μακρά περίοδο

λειτουργίας του σταθμού υπήρξαν πολλές μεταβολές, τόσο στη διατομή της διώρυγας όσο και στη θέση και λειτουργία των διαφόρων σταθμημέτρων, τα οποία είχαν κατά καιρούς τοποθετηθεί (κυρίως από τον Οργανισμό Κωπαΐδας).

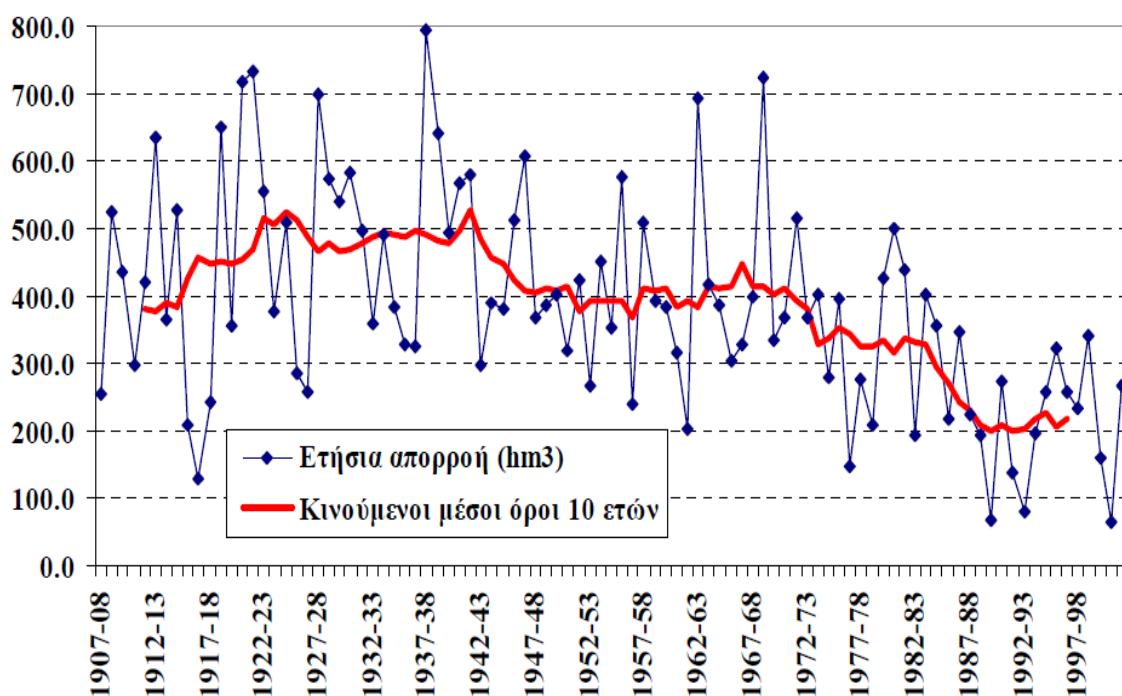
Η αξιολόγηση και επεξεργασία των ημερήσιων δεδομένων στάθμης για την εξαγωγή αξιόπιστου δείγματος ημερήσιων απορροών έχει γίνει από τους Ρώτη, Μαμάση και Τσολακίδη (1990). Σημειώνεται ότι κατά την περίοδο Σεπτεμβρίου 1964 – Νοεμβρίου 1967, οπότε η διώρυγα παρέμεινε κλειστή λόγω επισκευών, καθώς και κατά τη διάρκεια όλου του υδρολογικού έτους 1976-77, οπότε κατασκευάστηκε η νέα διώρυγα, δεν υπάρχουν μετρήσεις. Τα κενά αυτά έχουν συμπληρωθεί μέσω γραμμικής παλινδρόμησης με τις μηνιαίες βροχοπτώσεις του σταθμού Αλιάρτου (Ευστρατιάδης, 2000). Μετά και την επικαιροποίηση των δεδομένων, το τελικό δείγμα απορροών καλύπτει μια περίοδο 95 πλήρων υδρολογικών ετών και είναι το μεγαλύτερο στον ελληνικό χώρο.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο υπολογισμός των ημερήσιων παροχών στη Διώρυγα Καρδίτσας βασίζεται στην υπόθεση σταθερού συντελεστή τραχύτητας της διατομής (συντελεστής n του Manning). Ο εν λόγω συντελεστής έχει προκύψει βάσει μίας και μοναδικής υδρομέτρησης, η οποία πραγματοποιήθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1970. Το γεγονός αυτό δημιουργεί υποψίες, καθώς ενδέχεται να υπάρχει συστηματικό σφάλμα στο δείγμα απορροών, λόγω μεταβολής της τιμής (πιθανότατα αύξησης) του παραπάνω συντελεστή. Επιπλέον, είναι βέβαιο ότι, κατά τα τελευταία τουλάχιστον έτη, οι παρατηρήσεις της στάθμης πραγματοποιούνται κατά χρονικά διαστήματα πολύ μεγαλύτερα της ημέρας, περιορίζοντας έτσι περαιτέρω την αξιοπιστία της μεθοδολογίας εκτίμησης της απορροής του Βοιωτικού Κηφισού. Πάντως, με την εγκατάσταση του αυτόματου σταθμημετρικού σταθμού τον Σεπτέμβριο του 2002 και την έναρξη του προγράμματος συστηματικών υδρομετρήσεων στα πλαίσια ερευνητικού έργου του Ε.Μ.Π., βελτιώθηκαν σημαντικά τόσο η ποιότητα όσο και η ποσότητα της διατιθέμενης πληροφορίας.

Στην εικόνα 42 απεικονίζεται η χρονοσειρά ετήσιας απορροής του Βοιωτικού Κηφισού στην έξοδο της λεκάνης και οι κινούμενοι μέσοι όροι 10 ετών. Στο

διάγραμμα είναι εμφανής η έντονη μείωση του υδατικού δυναμικού του ποταμού. Συγκεκριμένα, μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1940, η μέση ετήσια απορροή κυμαινόταν κοντά στα 500hm^3 . Εν συνεχεία, μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1970, η μέση ετήσια απορροή μειώθηκε στα επίπεδα των 400hm^3 , ενώ από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 έχει κατέλθει κοντά στα $200\text{hm}^3/\text{έτος}$. Τα αίτια της έντονης αυτής υποβάθμισης του επιφανειακού υδατικού δυναμικού του Βοιωτικού Κηφισού είναι εν μέρει φυσικά (οφειλόμενα στις κλιματολογικές συνθήκες) και εν μέρει ανθρωπογενή. Η αλλαγή των κλιματολογικών συνθηκών αποδεικνύεται από τη σημαντική μείωση των βροχοπτώσεων στη λεκάνη, που στην περίπτωση του βροχομετρικού σταθμού Αλιάρτου, ο οποίος λειτουργεί από το 1907, ανέρχεται κοντά στο 30%. Ο ανθρώπινος παράγοντας υπεισέρχεται στην υπερεκμετάλλευση των υδροφορέων για την ικανοποίηση των αρδευτικών αναγκών, με συνέπεια τη σταδιακή μείωση των υπόγειων αποθεμάτων της λεκάνης και, ως εκ τούτου, του υδατικού δυναμικού των μεγάλων καρστικών πηγών (π.χ., πηγές Μέλανα και Μαυρονερίου), οι οποίες είναι βασικοί τροφοδότες του Βοιωτικού Κηφισού.

Η Υλίκη τροφοδοτείται επιπλέον από την απορροή της υπολεκάνης Υλίκης, έκτασης 422km^2 , η οποία εκτιμάται ως το 6% των μηνιαίων εισροών από τη Σήραγγα Καρδίτσας (Ρώτη, και συν., 1990). Με βάση την παραδοχή αυτή, η μέση ετήσια εισροή στην Υλίκη ανέρχεται σε $408,1\text{hm}^3$ ή σε 295hm^3 , με χρήση του δείγματος μόνο των τελευταίων 30 περίπου ετών (από το υδρολογικό έτος 1970-71 και εντεύθεν), το οποίο θεωρείται πιο αντιπροσωπευτικό, δεδομένου ότι λαμβάνει υπόψη του τη μείωση του υδατικού δυναμικού της λεκάνης εξαιτίας των αντλήσεων για άρδευση των Κωπαϊδικού πεδίου (πίνακας 23). Ωστόσο, το εν λόγω υδατικό δυναμικό δεν είναι εξ ολοκλήρου αξιοποιήσιμο, εξαιτίας των σημαντικών υπόγειων διαφυγών που παρατηρούνται στη λίμνη και οι οποίες μπορεί να ανέλθουν και στο 50% της ετήσιας εισροής.



Εικόνα 41: Διακύμανση της ετήσιας απορροής του Βοιωτικού Κηφισού στην έξοδο της λεκάνης και μέσοι όροι 10 ετών (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Πίνακας 23: Στατιστικά μεγέθη απορροής λεκανών Β. Κηφισού και Υλίκης (hm^3) (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)

	Οκτ.	Νοε	Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαΐ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Έτος
Μέση τιμή (1)	22.9	32.7	49.0	63.0	65.5	70.4	48.9	25.5	12.6	4.4	3.7	13.6	408.1
Τυπική απόκλιση (1)	11.6	18.8	34.0	32.8	35.8	32.7	28.6	17.3	12.3	7.7	5.5	9.3	169.5
Μέση τιμή (2)	15.5	22.7	33.6	47.5	48.4	58.4	40.5	16.7	3.7	0.4	0.9	6.7	295.0
Τυπική απόκλιση (2)	11.6	11.2	14.5	27.2	25.8	28.4	25.7	15.7	5.4	1.1	2.1	7.5	126.9
Μέγιστο	51.3	114.6	217.7	168.4	170.6	179.0	177.1	80.8	61.1	51.4	31.4	58.2	840.7
Ελάχιστο	0.0	6.9	9.5	15.8	3.7	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	68.4
(1)Υπολογισμός με βάση το πλήρες δείγμα των υδρολογικών ετών 1907-08 έως 2001-02.													
(2)Υπολογισμός με βάση μόνο το δείγμα των υδρολογικών ετών από το 1970-71 και εντεύθεν.													

Η ακριβής εκτίμηση των υπόγειων διαφυγών της Υλίκης είναι ιδιαίτερα δύσκολη. Στα πλαίσια ερευνητικών έργων του Ε.Μ.Π. έχουν προταθεί αναλυτικές σχέσεις, συναρτήσει της μέσης μηνιαίας στάθμης της λίμνης (Ευστρατιάδης, 2000); (Ρώτη, και συν., 1990). Μια επικαιροποιημένη και βελτιωμένη εξίσωση υπολογισμού των υπόγειων διαφυγών της λίμνης είναι,

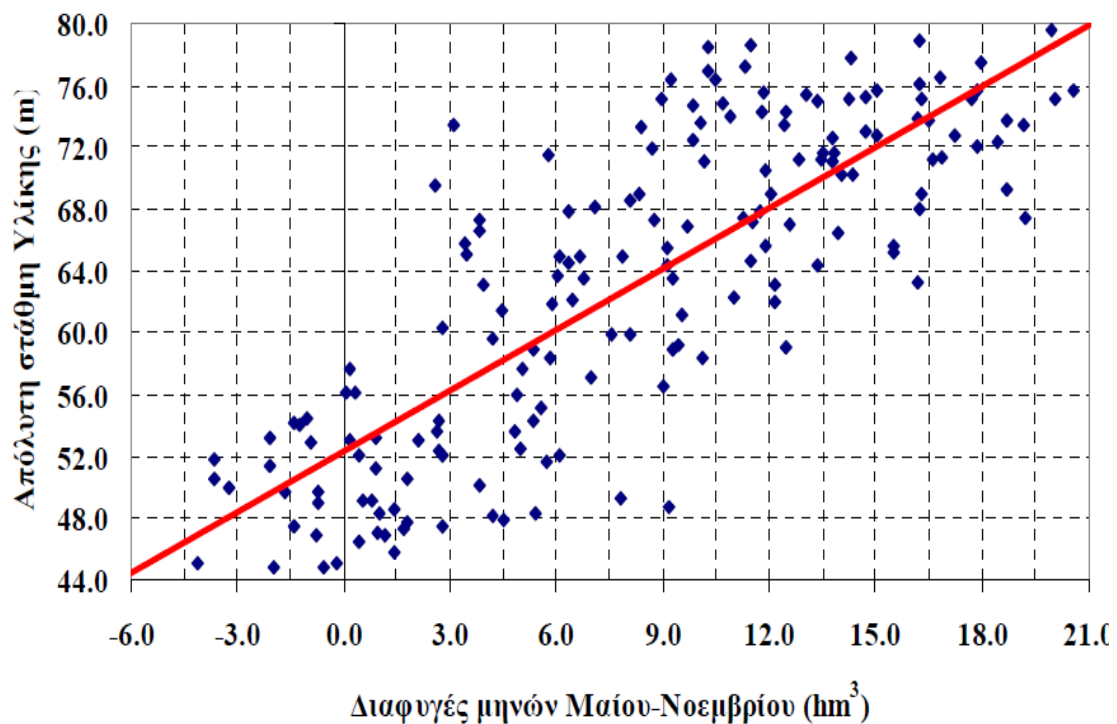
$$L = 0,500z - 23,41 \quad (3)$$

Όπου:

L = Οι διαφυγές σε $\text{hm}^3/\text{μήνα}$

z = Το απόλυτο υψόμετρο της στάθμης της Υλίκης σε m .

Η παραπάνω έκφραση έχει προκύψει μετά από στατιστική ανάλυση των ιστορικών διαφυγών, οι οποίες υπολογίζονται με εφαρμογή της εξίσωσης ισοζυγίου των υδρολογικών ετών 1977-78 έως 2001-02. Ο συντελεστής συσχέτισης ανέρχεται στο 65,6%, με τυπικό σφάλμα της τάξης των $3,7\text{hm}^3/\text{μήνα}$ (εικόνα 43). Σημειώνεται ότι η εξαγωγή της παρούσας σχέσης βασίστηκε στα δεδομένα διαφυγών μόνο της περιόδου χαμηλής υδροφορίας του Βοιωτικού Κηφισού, η οποία περιλαμβάνει τους μήνες Μάιο έως Νοέμβριο. Κατά τους μήνες αυτούς, οι παροχές του ποταμού είναι εν γένει χαμηλές, οπότε αίρονται σε σχετικά ικανοποιητικό βαθμό οι παράγοντες αβεβαιότητας που σχετίζονται με την εκτίμηση των συνιστωσών ισοζυγίου της λίμνης.



Εικόνα 42: Απεικόνιση των ιστορικών διαφυγών της λίμνης Υλίκης συναρτήσει της μέσης μηνιαίας στάθμης και της αντίστοιχης καμπύλης γραμμικής παλινδρόμησης (εξ.3), για τους μήνες χαμηλής υδροφορίας (Μάιος-Νοέμβριος) (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Εάν ληφθούν υπόψη τα δεδομένα των μηνών υψηλής υδροφορίας (Δεκέμβριος-Απρίλιος), η διασπορά των δεδομένων και το αντίστοιχο τυπικό σφάλμα αυξάνουν σημαντικά. Συγκεκριμένα, η εξίσωση γραμμικής παλινδρόμησης λαμβάνει τη μορφή,

$$L = 0,408z - 11,93 \quad (4)$$

Όπου:

L = Οι διαφυγές σε $\text{hm}^3/\text{μήνα}$

z = Το απόλυτο υψόμετρο της στάθμης της Υλίκης σε m.

Μια άλλη έκφραση για τις υπόγειες διαφυγές των μηνών υψηλής υδροφορίας προκύπτει με παράλληλη μετατόπιση της εξίσωσης 3 κατά $5,6 \text{ hm}^3/\text{μήνα}$, δηλαδή,

$$L = 0,500z - 17,81 \quad (5)$$

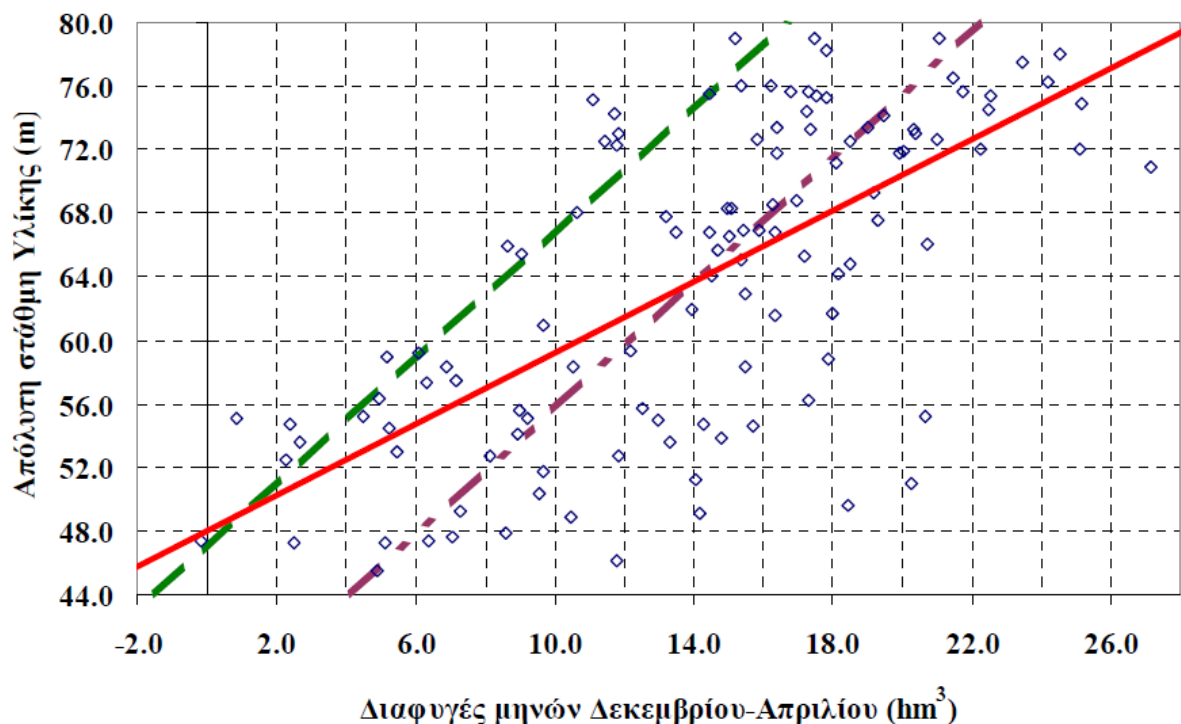
Όπου:

L = Οι διαφυγές σε $\text{hm}^3/\text{μήνα}$

z = Το απόλυτο υψόμετρο της στάθμης της Υλίκης σε m.

Η εξίσωση 5 έχει ελάχιστα μεγαλύτερο τυπικό σφάλμα από τη σχέση παλινδρόμησης εξίσωσης 4, της τάξης των $4,5 \text{ hm}^3/\text{μήνα}$.

Οι σχέσεις 3, 4 και 5 απεικονίζονται στο διάγραμμα της εικόνας 44. Θα πρέπει να τονιστεί ότι οι καμπύλες χειμερινών διαφυγών δεν έχουν φυσικό νόημα, χρησιμεύουν ωστόσο για την άμβλυνση των αβεβαιοτήτων που οφείλονται στην αναξιόπιστη εκτίμηση της απορροής του Β. Κηφισού. Μάλιστα, το μέγεθος της παράλληλης μετατόπισης ($5,6 \text{ hm}^3/\text{μήνα}$) αποτελεί ένδειξη συστηματικού σφάλματος, το οποίο μπορεί, τουλάχιστον εν μέρει, να αποδοθεί στην υπερεκτίμηση της απορροής του Βοιωτικού Κηφισού λόγω θεώρησης του ίδιου συντελεστή τραχύτητας της διατομής στη διώρυγα Καρδίτσας επί 25 συναπτά έτη.



Εικόνα 43: Διαφυγές μηνών Δεκεμβρίου – Απριλίου (hm^3) (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Οι συνιστώσες ισοζυγίου της λίμνης Υλίκης, οι χρονοσειρές είναι,

- ✓ Η μεταβολή του αποθέματος της λίμνης.
- ✓ Η απορροή του Βοιωτικού Κηφισού μέσω της διώρυγας Καρδίτσας.
- ✓ Η απορροή από την υπολεκάνη της Υλίκης.
- ✓ Οι απολήψεις μέσω του αντλιοστασίου Μουρικού για ύδρευση της Αθήνας.
- ✓ Οι απολήψεις για άρδευση του Κωπαϊδικού πεδίου.

- ✓ Οι αντλήσεις από Παραλίμνη.
- ✓ Οι υπερχειλίσσεις της Υλίκης προς Παραλίμνη.
- ✓ Η επιφανειακή βροχόπτωση στη λίμνη.
- ✓ Η εξάτμιση από την επιφάνεια της λίμνης.

Αντλήσεις από την Παραλίμνη πραγματοποιήθηκαν μόνο κατά την περίοδο 1977-80. Η υπερχειλίση της Υλίκης προς την Παραλίμνη γίνεται μέσω της διώρυγας Μουρικίου. Κανονικά η στάθμη υπερχειλίσης είναι στα +77,7m, όμως συνήθως η διώρυγα φράσσεται με πασσαλοσανίδες, και έτσι η στάθμη μπορεί να ανέρχεται και πέρα από τα +80m. Για ορισμένους μήνες κατά τους οποίους είναι γνωστό ότι υπερχειλίσε η Υλίκη, δεν έχουν καταγραφεί οι τιμές της στάθμης. Οι βροχοπτώσεις υπολογίζονται, μέχρι τα τέλη του 1999, από στοιχεία του βροχομετρικού σταθμού Αλιάρτου, ο οποίος λειτουργεί από τις αρχές του 20ου αιώνα και θεωρείται ως ο πλέον αξιόπιστος από τους κοντινούς στη λίμνη σταθμούς. Μετά την παύση της λειτουργίας του εν λόγω σταθμού, τα βροχομετρικά δεδομένα λαμβάνονται από τον σταθμό Μουρικίου της Ε.Υ.Δ.Α.Π., που όμως θεωρείται λιγότερο αξιόπιστος (Ε.Υ.Δ.Α.Π., 2015). Τέλος, οι απώλειες λόγω εξάτμισης υπολογίζονται κατά αντίστοιχο τρόπο με τους ταμιευτήρες του Μόρνου και του Ευήνου (Ευστρατιάδης, 2000)

Σε ορισμένες περιπτώσεις, επιλύοντας την εξίσωση υδατικού ισοζυγίου ως προς τις υπόγειες διαφυγές, εμφανίζονται αρνητικές τιμές. Ορισμένες από αυτές έχουν φυσική ερμηνεία, καθώς υποθέτουν υπόγεια τροφοδοσία της λίμνης που μπορεί να πραγματοποιείται σε χαμηλές στάθμες. Σε άλλες όμως περιπτώσεις, ειδικά στάθμες άνω των +56m, οι αρνητικές διαφυγές είναι πλασματικές και οφείλονται σε σημαντική υποεκτίμηση της πραγματικής απορροής του Βοιωτικού Κηφισού. Σε κάθε περίπτωση, οι αρνητικές τιμές δεν ελήφθησαν υπόψη στην εξαγωγή των σχέσεων 4 και 5.

3.9.4 Ποταμός Χάραδρος

Ο χείμαρρος Χάραδρος καθώς και το μικρό ρέμα της Σταμάτας τροφοδοτούν τον ταμιευτήρα Μαραθώνα, ο οποίος χρησιμοποιείται ως εφεδρική αποθήκευση νερού για την κάλυψη έκτακτων περιστατικών, λόγω της εγγύτητάς του στην Αθήνα. Η

Ε.ΥΔ.Α.Π. έχει καταγράψει τα μηνιαία δεδομένα ισοζυγίου του ταμιευτήρα για τις περιόδους 1931-1989, από τα οποία μόνο τα στοιχεία της περιόδου 1931-32 έως 1956-57 θεωρούνται αξιοποιήσιμα. Από το έτος 1957, οπότε εισήχθη το υδραγωγείο Υλίκης στο σύστημα ύδρευσης της Αθήνας, είναι αδύνατη η κατάρτιση ενός αξιόπιστου υδατικού ισοζυγίου του Μαραθώνα, αφού δεν είναι δυνατή η ασφαλής εκτίμηση των ποσοτήτων νερού που διοχετεύονται στον ταμιευτήρα μέσω του υδραγωγείου Κακοσάλεσι. Οι μεταβλητές που υπεισέρχονται στο ισοζύγιο του Μαραθώνα για την περίοδο 1931-56 είναι,

- ✓ Η μεταβολή του αποθέματος του ταμιευτήρα·
- ✓ Οι εκροές από τη σήραγγα Μπογιατίου για ύδρευση της Αθήνας·
- ✓ Οι υπερχειλίσεις και λοιπές μετρημένες απώλειες από τον ταμιευτήρα·
- ✓ Η επιφανειακή βροχόπτωση στον ταμιευτήρα·
- ✓ Η εξάτμιση από την επιφάνεια του ταμιευτήρα·
- ✓ Η τροφοδοσία του ταμιευτήρα μέσω βοηθητικών έργων ενίσχυσης.

Οι μετρημένες απώλειες αναφέρονται σε μικρές ποσότητες νερού που είτε χρησιμοποιήθηκαν για καθαρισμό του Αδριάνειου υδραγωγείου ή της σήραγγας Μπογιατίου, είτε οφείλονται σε υπερχειλίση της λεκάνης Σταμάτας. Τα δεδομένα βροχόπτωσης και εξάτμισης προέρχονται από το μετεωρολογικό σταθμό του φράγματος Μαραθώνα. Τα βοηθητικά έργα αναφέρονται σε συστήματα ύδρευσης τα οποία τέθηκαν σε λειτουργία μετά το 1947, με σκοπό τον εμπλουτισμό της φυσικής τροφοδοσίας του ταμιευτήρα μέσω των υφάλμυρων πηγών Σουλίου και των νερών του Ασωπού.

Με βάση τα παραπάνω, η μέση ετήσια απορροή των λεκανών Χάραδρου και Σταμάτας ανέρχεται σε $14,2 \text{ hm}^3$ (πίνακας 24). Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι, λαμβάνοντας υπόψη τη γενικότερη πτωτική τάση της υδροφορίας στην Ανατολική Στερεά Ελλάδα, η οποία τεκμηριώνεται, μεταξύ άλλων, και από τη σημαντική μείωση της υδροφορίας του Βοιωτικού Κηφισού, εκτιμάται ότι το πραγματικό δυναμικό των λεκανών Χάραδρου και Σταμάτας είναι μικρότερο από την παραπάνω τιμή.

Πίνακας 24: Στατιστικά μεγέθη απορροής λεκανών Χάραδρου και Σταμάτας (hm³)
(πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)

	Οκτ.	Νοε	Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαΐ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Έτος
Μέση τιμή	0.5	0.7	1.5	2.9	3.1	2.5	1.2	0.6	0.4	0.2	0.2	0.2	14.2
Τυπική απόκλιση	0.6	1.0	1.3	2.4	2.4	2.0	0.9	0.3	0.4	0.1	0.2	0.2	6.5
Μέγιστο	2.3	4.5	4.2	9.2	10.6	9.7	5.0	1.3	2.3	0.4	1.1	0.8	27.1
Ελάχιστο	0.0	0.1	0.1	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3
Η εκτίμηση των στατιστικών μεγεθών βασίζεται στο δείγμα απορροής που προκύπτει μέσω επίλυσης της εξίσωσης υδατικού ισοζυγίου του ταμιευτήρα Μαραθώνα κατά τα υδρολογικά έτη 1931-32 έως 1956-57.													

3.9.5 Ποταμός Ασωπός

Η λεκάνη απορροής του Ασωπού έχει συνολική έκταση 759km² και το υδατικό δυναμικό της έχει χρησιμοποιηθεί κατά το παρελθόν με άντληση των νερών του ποταμού στη θέση Άγιος Θωμάς, όπου έχει κατασκευαστεί μικρό φράγμα υδροληψίας. Ωστόσο, η ποιοτική κατάσταση των υδάτων του Ασωπού σήμερα είναι ιδιαίτερα υποβαθμισμένη, κάτι που καθιστά εντελώς ακατάλληλη τη χρήση τους για ύδρευση. Δεν διατίθενται αξιόπιστα στοιχεία για την εκτίμηση των υδατικών πόρων της λεκάνης.

3.10 Οικονομικά δεδομένα

Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των αντλητικών συγκροτημάτων της Ε.ΥΔ.Α.Π., αλλά και τα οικονομικά δεδομένα από το 1988 μέχρι σήμερα, είναι αποθηκευμένα σε βάση δεδομένων την οποία διαχειρίζεται κατάλληλο λογισμικό (Ε.Υ.Δ.Α.Π., 2015). Στον πίνακα 25 παρουσιάζονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά των αντλιοστασίων μέσης τάσης που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά του νερού στην Αθήνα. Συγκεκριμένα, για κάθε εγκατάσταση παρουσιάζεται ο προορισμός, η μέγιστη ημερήσια παροχή (σε χιλιάδες m³), η εγκατεστημένη ισχύς (σε Hp), το μανομετρικό ύψος και τα ύψη αναρρόφησης και κατάθλιψης του νερού (σε m).

Πίνακας 25: Χαρακτηριστικά αντλιοστασίων (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Ονομασία	Προορισμός	Μέγιστη παροχή (x1.00m ³ /ημ)	Μανομετρικό ύψος (m)	Ισχύς (Hp)	Υψος αναρρόφησης (m)	Υψος κατάθλιψης (m)
Υλίκη	Κεντρικό	560	127	17300	68	181
7η μονάδα	Υλίκη	110	127	3600	70	181
Πλωτά, θέση Γ	Υλίκη	700	27	4880	50	70
Ασωπός	Κεντρικό		310	9840	164	280
Βίλιζα	Κεντρικό	490	85	10000	163	239
Άγιος Θωμάς ⁽¹⁾	Βίλιζα	110	90	2580	88	163
No.3	Αυλώνα	150	0	3440	176	229
No.4	Μαλακάσα	340	12	10000	229	237
ΑΔ-1 Δίστομο	Δαύλεια	210	125	7700	122	205
ΑΔ-2 Δίστομο	Τσερέσι	210	125	7700	205	315
ΑΔ-3 Δίστομο	Στενή	210	125	7700	315	415
Γ. Στρατοπέδου	Αυλώνα	10	300	970	10	225
Γ. Βίλιζας No.1	Booster	12	60	1400	180	200
Κιούρκα	Αδιύλιστο	300	30	3500	227	248
Μαυροσουβάλα	Συνδέσμου				10	254
Μαυροσουβάλα	ΥΠΕΧΩΔΕ				10	254
(1) Το αντλιοστάσιο Αγίου Θωμά είναι ανενεργό, εξαιτίας της υποβαθμισμένης ποιοτικής κατάστασης των νερών του Ασωπού.						

Στον πίνακα 26 παρουσιάζονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά των γεωτρήσεων και των αντιστοίχων ωστικών αντλιοστασίων, χωρισμένων σε πρώτη και δεύτερη εφεδρεία.

Πίνακας 26: Χαρακτηριστικά γεωτρήσεων και ωστικών αντλιοστασίων
(πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Ονομασία	Περιοχή	Πλήθος	Ολική ισχύς (Hp)	Ονομαστική παροχή (l/s)	Πλήθος αντλήσεων	Ολική ισχύς ωστικού (Hp)	Τύπος τιμολογίου ΔΕΗ
Γεωτρήσεις Α' Εφεδρείας – Ενεργές							
Βασιλικών – Παρορίου	Δαύλεια	17	2.350	260	ΑΔ1 ΑΔ2 ΑΔ3		Γ22(ΧΤ)
ΝΔ Υλίκης	Υλίκη	14	2.438	100			Γ22
Ούγγρων	Παραλίμνη	11	1.782	72			Β1-Β(ΜΤ)
10 ^ο Σίφωνα	Βίλιζα	8	1.432	23	4	500	Β1-Β
Στρατοπέδου Αυλώνα	Αυλώνα	4	480	11	4	400	Β1-Β
Νο.3	Αυλώνα	4	760	16	1	430	Β1-Β
Μαυροσουβάλας	Μαυροσουβάλα	15	5.135	100	15	3.780	Β1-Β
Γεωτρήσεις Β' Εφεδρείας – Μη Ενεργές – Εκτός εκμετάλλευσης Ε.ΥΔ.Α.Π.							
Κωπαΐδας	Βοιωτία	11					
Ταξιάρχων	Υλίκη	9	1.390	52			Γ22
Μουρικίου	Μουρίκι	1	102	4			Γ22
Νο.3	Εκτός περιβάλλου	5					
Νο.4	Μαλακάσα	1	160	3			Β1-Β

3.11 Κόστος άντλησης νερού

Οι λογαριασμοί ρεύματος των αντλιοστασίων διαμορφώνονται όχι μόνο από την ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται αλλά και από άλλες παραμέτρους, όπως τη χρονική ομοιομορφία στην κατανάλωση (εκφράζεται από τον συντελεστή χρήσης) ή την υπέρβαση στη συμφωνημένη ποσότητα. Έτσι, για παράδειγμα, αφού οι σταθμοί παραγωγής και το δίκτυο διανομής της ΔΕΗ επιβαρύνονται σημαντικά από τις ξαφνικές απαιτήσεις ισχύος, είναι προφανές ότι η χρονικά κατανεμημένη κατανάλωση (υψηλός συντελεστής χρήσης) απαιτεί

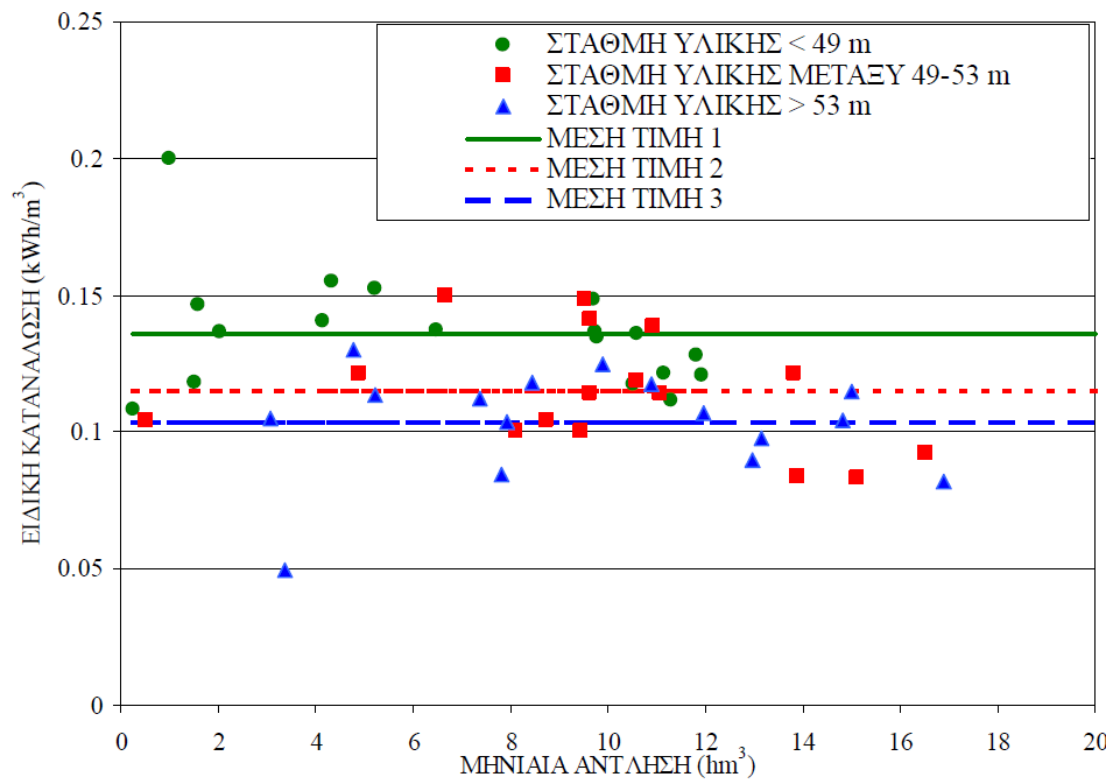
μικρότερες πάγιες επενδύσεις από την ΔΕΗ, η οποία τελικά επιβραβεύει τον πελάτη κατά τον υπολογισμό του λογαριασμού. Η περιγραφή των διαφόρων παραμέτρων, καθώς και ο τρόπος που αυτές επιδρούν στο τελικό τιμολόγιο περιγράφονται αναλυτικά από τον (Δαμιανόγλου, 1996).

Στην παρούσα προσέγγιση, η εκτίμηση του κόστους άντλησης νερού για κάθε αντλιοστάσιο προκύπτει με βάση τα ιστορικά μηνιαία δεδομένα κατανάλωσης ενέργειας σε kWh και τις αντίστοιχες ποσότητες νερού που αντλήθηκαν σε hm^3 . Στο παράρτημα Ε παρουσιάζεται μέσω διαγράμματος, για κάθε αντλιοστάσιο, η σχέση μεταξύ αντλούμενων ποσοτήτων και της ειδικής κατανάλωσης, δηλαδή της ενέργειας που καταναλώθηκε ανά m^3 νερού που αντλήθηκε. Τα σημεία τα οποία αντιστοιχούν στο τρέχον έτος έχουν συμβολίζονται με τετράγωνα. Από τα σχήματα μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι, σε όλα σχεδόν τα αντλιοστάσια, η ειδική κατανάλωση είναι μεγαλύτερη τους μήνες κατά τους οποίους η αντλούμενη ποσότητα είναι μικρή. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην αυξημένη κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται για να ξεκινήσουν οι κινητήρες των αντλιοστασίων ενώ, στη συνέχεια, και όσο συνεχίζεται η άντληση, η κατανάλωση ενέργειας σταθεροποιείται (εικόνα 45).

Ακόμη, με βάση τα μηνιαία δεδομένα κάθε αντλιοστασίου και ομάδας γεωτρήσεων υπολογίστηκαν τα στατιστικά χαρακτηριστικά (μέση τιμή, τυπική απόκλιση, συντελεστής διασποράς) της ειδικής κατανάλωσης, τα οποία παρουσιάζονται στον πίνακα 27. Σε πολλά αντλιοστάσια τέθηκε ένα όριο (παρουσιάζεται επίσης στον πίνακα 27), κάτω από το οποίο δεν λήφθηκαν υπόψη οι μήνες με μικρές ποσότητες άντλησης για τον υπολογισμό των στατιστικών χαρακτηριστικών. Το όριο τέθηκε για να αποφευχθεί η υπερεκτίμηση του ενεργειακού κόστους, δεδομένου ότι η περιστασιακή λειτουργία των αντλιοστασίων ανεβάζει σημαντικά την ειδική κατανάλωση.

Θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι η προσέγγιση που παρουσιάζεται εδώ για την εκτίμηση της ειδικής κατανάλωσης κάθε αντλιοστασίου προϋποθέτει κανονική λειτουργία των εγκαταστάσεων. Σε έκτακτες περιπτώσεις (π.χ. βλάβες), κατά τις οποίες πρέπει ορισμένα αντλιοστάσια να λειτουργήσουν περιστασιακά, το κόστος

λειτουργίας είναι πολύ μεγαλύτερο, καθώς μειώνεται σημαντικά ο συντελεστής χρήσης.



Εικόνα 44: Σχέση μεταξύ ειδικής κατανάλωσης, μηνιαίας άντλησης και στάθμης Υλίκης (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Πίνακας 27: Στατιστικά χαρακτηριστικά ειδικής κατανάλωσης αντλιοστασίων (πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Αντλιοστάσιο	Όριο (hm ³)	Στατιστικά Χαρακτηριστικά		
		Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Συντελεστής διασποράς
Υλίκη	>1	0,48	0,04	0,09
7η μονάδα	>0,5	0,52	0,03	0,06
Πλωτά, θέση Β	Χωρίς	0,10	0,02	0,20
Πλωτά, θέση Γ	Χωρίς	0,11	0,02	0,17
Ασωπός	Χωρίς	0,44	0,06	0,14
Βίλιζα	>0,5	0,31	0,04	0,13
Booster	>3	0,04	0,00	0,11
Άγιος Θωμάς (ανενεργό)	>0,1	0,54	0,19	0,36
No3	Χωρίς	0,76	0,46	0,61
No4	>1,1	0,06	0,15	2,50

ΑΔ-1 Δίστομο	Χωρίς	0,44	0,04	0,09
ΑΔ-2 Δίστομο	Χωρίς	0,47	0,03	0,07
ΑΔ-3 Δίστομο	Χωρίς	0,39	0,06	0,15
Γ. Στρατόπεδο	Χωρίς	1,30	0,07	0,05
Γ. Βιλιζας - Νο1	>0,2	0,25	0,07	0,29
Κιούρκα	>1,0	0,24	0,05	0,21
Μαυροσουβάλα (Σ)	Από 1997	1,00	0,46	0,46
Μαυροσουβάλα (Ε.ΥΔ.Α.Π.)	>0,1	1,53	0,72	0,47
Γ. 10ου Σίφωνα	Χωρίς	1,05	0,32	0,31
Γ. Βασιλικών	Χωρίς	0,23	0,03	0,14
Γ. Ν.Δ. Υλίκης	Χωρίς	0,50	0,11	0,22
Γ. Ταξιαρχών	Χωρίς	0,68	0,41	0,60
Γ. Ούγγρας	Χωρίς	0,52	0,16	0,31
Γ. Μουρικίου	Χωρίς	0,44	0,09	0,20

Ειδικότερα, για το αντλιοστάσιο των πλωτών Γ εξετάστηκε η επίδραση της στάθμης της λίμνης στην ειδική κατανάλωση. Στην εικόνα 34 παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ των αντλούμενων ποσοτήτων και της ειδικής κατανάλωσης για τρεις διαφορετικές περιοχές της στάθμης της λίμνης. Από τα δεδομένα της εικόνας 34 διαπιστώνεται στατιστικά σημαντική διαφορά στην ειδική κατανάλωση για διαφορετικές στάθμες της λίμνης και την ίδια αντλούμενη ποσότητα.

3.12 Μεθοδολογία διαχείρισης του συστήματος ύδρευσης

Η διαχείριση του συστήματος υδατικών πόρων της Ε.ΥΔ.Α.Π. συνίσταται στον καθορισμό των απολήψιμων ποσοτήτων από τους ταμιευτήρες και τους υδροφορείς, καθώς και τον τρόπο διοχέτευσής τους στο δίκτυο των εξωτερικών υδραγωγείων, ώστε να εξασφαλίζεται η μακροπρόθεσμη επάρκεια των πόρων ύδρευσης της Αθήνας με το ελάχιστο δυνατό κόστος. Ως δίκτυο εξωτερικών υδραγωγείων νοείται το σύνολο των αγωγών και λοιπών έργων (π.χ. αντλιοστάσια) από την έξοδο των ταμιευτήρων μέχρι και τα διυλιστήρια. Μια σχηματική παρουσίαση του συστήματος απεικονίστηκε στην εικόνα 17. Το σχήμα αυτό είναι

αρκετά απλουστευτικό, αφού δεν περιλαμβάνει τις γεωτρήσεις και τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα.

Ο στόχος του σχεδίου διαχείρισης των υδάτινων πόρων είναι η εποπτεία, η μέτρηση και η μαθηματική προσομοίωση με απώτερο σκοπό την βέλτιστη υδροδότηση του λεκανοπεδίου. Αναλυτικότερα προσπαθεί να δώσει απαντήσεις στα κάτωθι,

- ✓ Ποια είναι η μέγιστη ετήσια δυνατότητα απόληψης νερού, για δεδομένο υδρολογικό καθεστώς και δεδομένη αξιοπιστία;
- ✓ Με ποια διαχειριστική πολιτική εξασφαλίζεται η παραπάνω απόληψη νερού;
- ✓ Ποιο είναι το κόστος της παραπάνω διαχειριστικής πολιτικής;
- ✓ Ποια είναι η βέλτιστη πολιτική διαχείρισης για την κάλυψη δεδομένης ζήτησης, για δεδομένο υδρολογικό καθεστώς και δεδομένη αξιοπιστία;
- ✓ Ποιο είναι το ελαχιστοποιημένο κόστος της πολιτικής αυτής;
- ✓ Πώς θα εξελιχθεί η διαθεσιμότητα υδατικών πόρων τους επόμενους μήνες (πιθανά εναλλακτικά σενάρια);
- ✓ Ποια είναι η επίπτωση στο μέλλον (π.χ. σε ορίζοντα 10 ετών) ενός συγκεκριμένου διαχειριστικού μέτρου;
- ✓ Ποιες είναι οι επιπτώσεις ενός υπό μελέτη έργου (π.χ. νέου αγωγού, ενίσχυση υδραγωγείου, αντλιοστασίου, κτλ.) καθώς και ο χρόνος ένταξής του σύστημα;
- ✓ Πόσο εφικτή, από την άποψη ποσοτικής επάρκειας σε νερό, είναι η επέκταση των δραστηριοτήτων της Ε.ΥΔ.Α.Π. (π.χ. υδροδότηση άλλων περιοχών);
- ✓ Ποιες είναι οι επιπτώσεις ενός αρνητικού κλιματικού σεναρίου (έμμονη ξηρασία, κλιματική αλλαγή) και πώς αυτό πρέπει να αντιμετωπιστεί;
- ✓ Πόσο επαρκείς είναι οι υφιστάμενες εφεδρικές πηγές (υπόγειοι υδατικοί πόροι) και τα αντίστοιχα έργα αξιοποίησής τους για την κάλυψη ειδικών συνθηκών ή έκτακτων περιστατικών (π.χ. Ολυμπιακοί Αγώνες);
- ✓ Με ποιον τρόπο αντιμετωπίζονται τα περιστατικά αυτά;

Τα εργαλεία που θα βοηθήσουν το διαχειριστικό σχέδιο, σύμφωνα με την Ε.ΥΔ.Α.Π., είναι,

- ✓ Σύστημα γεωγραφικής πληροφορίας για την απεικόνιση και εποπτεία του υδροδοτικού συστήματος, με τελικό προϊόν ένα σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων και γεωγραφικής πληροφορίας, με τα απαραίτητα δεδομένα και τις κατάλληλες εφαρμογές λογισμικού, σε επιχειρησιακή λειτουργία.
- ✓ Σύστημα μέτρησης των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας, με τελικό προϊόν τη μελέτη, προμήθεια, εγκατάσταση και επιχειρησιακή λειτουργία ενός δικτύου αυτόματων τηλεμετρικών σταθμών μέτρησης υδρολογικών και μετεωρολογικών μεταβλητών.
- ✓ Σύστημα εκτίμησης και πρόγνωσης των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας, με τελικά προϊόντα ένα σύστημα λογισμικού για τη στοχαστική προσομοίωση και πρόγνωση των εισροών των ταμιευτήρων (πρόγραμμα Κασταλία) και ένα μοντέλο προσομοίωσης του υδρολογικού κύκλου των λεκανών του Βοιωτικού Κηφισού και της Υλίκης.
- ✓ Σύστημα υποστήριξης της διαχείρισης των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας, με τελικό προϊόν ένα σύστημα λογισμικού για την προσομοίωση και βελτιστοποίηση του υδροδοτικού συστήματος, σε επιχειρησιακή μορφή (πρόγραμμα Υδρονομέας).

Πρόγραμμα Υδρονομίας εν συντομία

Το μαθηματικό μοντέλο του υδροσυστήματος, το οποίο έχει υλοποιηθεί μέσω του λογισμικού Υδρονομίας, βασίζεται σε πρωτότυπη ερευνητική εργασία του Ε.Μ.Π. Η κύρια ιδέα συνίσταται στην παραμετρική διατύπωση των κανόνων λειτουργίας των ταμιευτήρων, βάσει της εξίσωσης,

$$S_i^* = K_i - a_i K + b_i V \text{ για κάθε } i = 1, \dots, n$$

Όπου:

S_i = το επιδιωκόμενο απόθεμα του i ταμιευτήρα

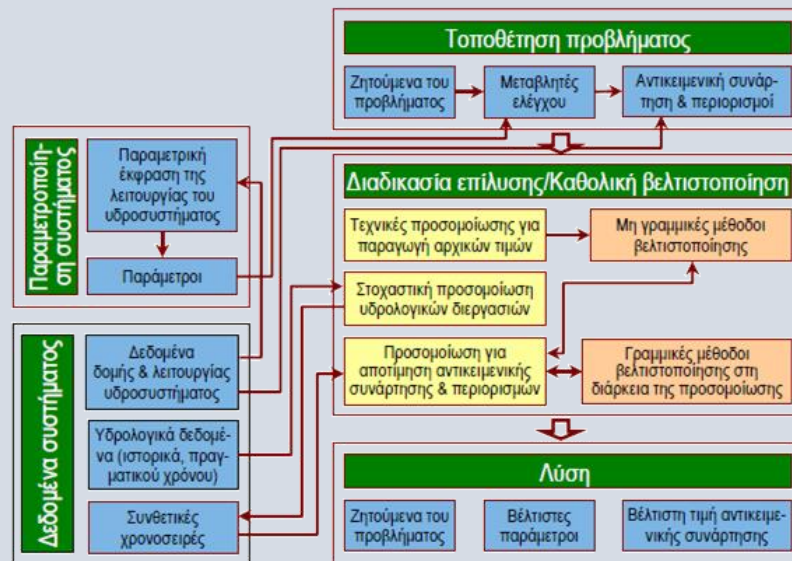
V = ο συνολικός ωφέλιμος όγκος του υδάτινου συστήματος του τρέχοντος μήνα

K_i = η ωφέλιμη χωρητικότητα του i ταμιευτήρα

a_i & b_i = παράμετροι

Τα αποθέματα-στόχοι διορθώνονται έτσι ώστε να ικανοποιούν τους φυσικούς περιορισμούς ελάχιστου και μέγιστου αποθέματος, και τελικά η μορφή των κανόνων λειτουργίας γίνεται μη γραμμική. Δεδομένων των παραμέτρων a_i και b_i , ο τρόπος διαχείρισης του υδροσυστήματος είναι πλήρως καθορισμένος, εφόσον οι επιδιωκόμενες απολήψεις από τους ταμιευτήρες εκφράζονται συναρτήσει της ποσότητας των υδάτινων αποθεμάτων που διατίθενται στο σύστημα σε κάθε χρονικό βήμα.

Στην εικόνα 46 απεικονίζεται το διάγραμμα ροής του μοντέλου διαχείρισης, το οποίο βασίζεται στο μεθοδολογικό σχήμα παραμετροποίηση-προσομοίωση-βελτιστοποίηση. Στοιχεία εισόδου του μοντέλου είναι α) το υδροδοτικό σύστημα, δηλαδή η δομή του δικτύου, οι συνιστώσες του (ταμιευτήρες, αγωγοί, αντλιοστάσια κ.λπ.) και τα χαρακτηριστικά τους, και β) οι χρονοσειρές εισροών και απωλειών των ταμιευτήρων, οι οποίες προκύπτουν είτε από ιστορικό δείγμα είτε παράγονται συνθετικά, από το λογισμικό στοχαστικής προσομοίωσης Κασταλία. Οι παράμετροι των κανόνων λειτουργίας των ταμιευτήρων και, κατά περίπτωση, το προς μεγιστοποίηση απολήψιμο δυναμικό του συστήματος, αποτελούν τις μεταβλητές ελέγχου του προβλήματος, οι οποίες εκτιμώνται μέσω βελτιστοποίησης.



Εικόνα 45: Διάγραμμα ροής του μεθοδολογικού σχήματος παραμετροποίηση-προσομοίωση-βελτιστοποίηση

Ο χρήστης του μοντέλου μπορεί να ορίσει ένα πλήθος λειτουργικών στόχων και περιορισμών, οι οποίοι ενσωματώνονται σε μια ενιαία έκφραση, που αποτελεί τον δείκτη επίδοσης του συστήματος. Ο μαθηματικός χειρισμός των περιορισμών γίνεται μέσω συναρτήσεων ποινής.

Ο Υδρονομέας χρησιμοποιήθηκε για τη διερεύνηση της εγγυημένης απόδοσης του υδροσυστήματος και την ανάπτυξη των βέλτιστων κανόνων διαχείρισης των ταμιευτήρων, οι οποίοι εξασφαλίζουν τόσο τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα των υδατικών πόρων όσο και την ελαχιστοποίηση της χρήσης ενεργοβόρων διατάξεων (αντλιοστασίων και γεωτρήσεων).

Κεφάλαιο 4 – Συμπεράσματα

1. Για την ύδρευση της Αθήνας διατίθεται σήμερα ένα εκτεταμένο σύστημα υδατικών πόρων και αγωγών μεταφοράς, το οποίο χαρακτηρίζεται από τη δυνατότητα πολλαπλών εναλλακτικών λύσεων, τόσο ως προς τους υδατικούς πόρους (4 ταμιευτήρες και γεωτρήσεις, κύριοι, βοηθητικοί και εφεδρικοί υδατικοί πόροι) όσο και ως προς τις διαδρομές μεταφοράς (δύο κύριες διαδρομές με δυνατότητα αλληλοσυνδέσεων). **Οι εναλλακτικές λύσεις συμβάλλουν θετικά στην αξιοπιστία του συστήματος, και στις συνήθεις συνθήκες λειτουργίας αλλά και στην κάλυψη περιπτώσεων έκτακτων αναγκών, είτε αυτές οφείλονται στην υδρολογική δίαιτα (ξηρασία) είτε σε άλλους λόγους (περιστατικά βλαβών).** Από την άλλη πλευρά, η δυνατότητα εναλλακτικών λύσεων εγείρει την ανάγκη ορθής επιλογής της καλύτερης κάθε φορά λύσης και συνακόλουθα της χρήσης προχωρημένων μεθόδων διαχείρισης βασισμένων σε τεχνικές βελτιστοποίησης.

2. Με τη λήξη της περιόδου της έμμονης ξηρασίας της περιόδου 1989-94, η οποία ήταν μια έντονη δοκιμασία για το σύστημα και τη διαχείρισή του, την ένταξη των έργων μεταφοράς νερού από τον Εύηνο στο σύστημα (προσωρινά από το Μάιο του 1995 μέχρι τον Οκτώβριο του 1999 και οριστικά από τον Σεπτέμβριο του 2001) και τη διακοπή της πολιτικής μείωσης της κατανάλωσης από πλευράς Ε.ΥΔ.Α.Π., η κατανάλωση σήμερα ξεπέρασε κατά πολύ τα προ της ξηρασίας επίπεδα (412 hm^3 το υδρολογικό έτος 2001-02, έναντι 373 hm^3 το έτος 1988-89 και 257 hm^3 το έτος 1993-94), παρουσιάζοντας εντονότατες αυξητικές τάσεις με ρυθμό που ανέρχεται, κατά μέσο όρο, σε 5.7% (1996-97 έως 2014-15). Ειδικότερα, κατά το υδρολογικό έτος 2001-02 ο ρυθμός αύξησης ανήλθε στο 4.4% σε ετήσια βάση, ξεπερνώντας σημαντικά το αντίστοιχο ποσοστό του 2000-01 (3.0%). Παίρνοντας υπόψη τους ρυθμούς αυτούς καθώς και τα σχέδια ανάπτυξης της Ε.ΥΔ.Α.Π. με την υδροδότηση νέων περιοχών, εκτιμάται ότι η ετήσια κατανάλωση μετά το 2015 μπορεί να φτάσει κατά μέσο όρο τα 518 hm^3 (μέσο σενάριο) ή κατά μέγιστο τα 598 hm^3 (υψηλό σενάριο). **Ωστόσο, με κατάλληλη πολιτική, η οποία προϋποθέτει τη ανάληψη πολύπλευρων μέτρων και δράσεων, μπορεί να πραγματοποιηθούν μικρότεροι**

αυξητικοί ρυθμοί που θα περιορίσουν την κατανάλωση μετά το 2015 στο ικανοποιητικό επίπεδο των 428 hm³ (χαμηλό σενάριο).

3. Το συνολικό μέσο ετήσιο δυναμικό των επιφανειακών υδατικών πόρων του συστήματος, με βάση τα ιστορικά δείγματα απορροής της τελευταίας τριακονταετίας, εκτιμάται στο επίπεδο των 822 hm³. Η τιμή αυτή είναι αρκετά μικρότερη από παλιότερες εκτιμήσεις και η μείωση οφείλεται στα πιο πρόσφατα υδρολογικά δεδομένα, που περιλαμβάνουν και την περίοδο της έμμονης ξηρασίας (1989-94). Πέραν της μείωσης των μέσων στατιστικών χαρακτηριστικών όμως, η εμπειρία από την εν λόγω ξηρασία υποδεικνύει ότι θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη στις εκτιμήσεις και προγνώσεις η γενικότερα διαπιστωμένη φυσική τάση της ομαδοποίησης των ξηρών ετών, κάτι που συνεπάγεται ακόμη μεγαλύτερη μείωση του εκμεταλλεύσιμου υδατικού δυναμικού.

4. Οι υπόγειοι υδατικοί πόροι αντιμετωπίζονται ως εφεδρικοί, για την κάλυψη ιδιαίτερα δυσμενών υδρολογικών συνθηκών και έκτακτων περιστατικών. Προϋπόθεση για να λειτουργήσουν ως εφεδρικοί πόροι είναι να μην υπεραντλούνται σε συνεχή βάση για άλλες χρήσεις (άρδευση). Εξ άλλου είναι γνωστό ότι η άντληση επηρεάζει την ποσότητα των επιφανειακών υδάτων και, κατά συνέπεια, τις εισροές στην Υλίκη. Συνεπώς, είναι απαραίτητο αφενός να κρατούνται στοιχεία των αντλούμενων ποσοτήτων και αφετέρου να ελέγχεται η χρήση των πόρων αυτών συστηματικά και σε συνεχή βάση. Ειδικότερα, η λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού - Υλίκης, στην οποία εντοπίζεται η πλειονότητα των υπόγειων υδατικών πόρων, αλλά και η οποία, παράλληλα, χαρακτηρίζεται από ανταγωνιστικές χρήσεις νερού, πρέπει να αντιμετωπιστεί με ολοκληρωμένο και βιώσιμο τρόπο διαχείρισης για το σύνολο των υδατικών πόρων και των χρήσεων νερού.

5. Αν δεν γίνει καθόλου εκμετάλλευση των γεωτρήσεων, το εκμεταλλεύσιμο για την υδροδότηση της Αθήνας επιφανειακό υδατικό δυναμικό με αξιοπιστία (ασφάλεια) 99% σε ετήσια βάση, λαμβάνοντας υπόψη και το φαινόμενο της μακροπρόθεσμης υδρολογικής εμμόνης, ανέρχεται στα 440 hm³ μετρούμενο στις πηγές. Θεωρώντας απώλειες 10% στο εξωτερικό δίκτυο, η αντίστοιχη ποσότητα στα διυλιστήρια

ανέρχεται στα 396 hm³ ετησίως. Η διαφορά του φυσικού μείον το απολήψιμο επιφανειακό υδατικό δυναμικό ($822 - 440 = 382 \text{ hm}^3$) αναλύσκεται σε υπερχειλίσσεις, υπόγειες διαφυγές, απώλειες εξάτμισης, απώλειες υδραγωγείων ή διατίθεται για περιβαλλοντική ροή (Εύηνος) και αρδευτική χρήση (Υλίκη).

6. Η ποσότητα, που αναφέρθηκε στο πιο πάνω συμπέρασμα 5, αποτελεί ένα κατώτατο όριο του απολήψιμου δυναμικού του συστήματος, το οποίο αυξάνεται ανάλογα με την πολιτική εκμετάλλευσης των γεωτρήσεων. Με εντατική εκμετάλλευση των γεωτρήσεων, με τρόπο ώστε το σύνολο των γεωτρήσεων να λειτουργεί υποχρεωτικά (ανεξαρτήτως κόστους) όταν το συνολικό απόθεμα των ταμιευτήρων μειωθεί κάτω από το κατώφλι του 50% της χωρητικότητάς τους και δυνητικά (παίρνοντας υπόψη και το κόστος) όταν το συνολικό απόθεμα των ταμιευτήρων μειωθεί κάτω από το κατώφλι του 80% της χωρητικότητάς τους, το εκμεταλλεύσιμο για την υδροδότηση της Αθήνας υδατικό δυναμικό με αξιοπιστία (ασφάλεια) 99% σε ετήσια βάση ανέρχεται στα 570 hm³ στις πηγές ή 513 hm³ ετησίως στα διυλιστήρια. Στο μέγεθος αυτό περιλαμβάνεται το σύνολο των επιφανειακών και υπόγειων υδατικών πόρων για την παραπάνω πολιτική εκμετάλλευσης των τελευταίων. Με αυτή την πολιτική, η μέση ετήσια συμβολή των υπόγειων νερών στο συνολικό απολήψιμο υδατικό δυναμικό είναι 52 hm³ ετησίως, ενώ η διαφορά $570 - 52 = 518 \text{ hm}^3$ αποτελεί τη συμβολή των επιφανειακών υδατικών πόρων. **Παρατηρείται επομένως ότι η χρήση των υπόγειων υδατικών πόρων όχι μόνο αυξάνει το απολήψιμο δυναμικό κατά την ποσότητα αντλήσεων από υπόγεια νερά, αλλά επαυξάνει την ποσότητα αξιοποίησης των επιφανειακών υδατικών πόρων κατά $518 - 440 = 78 \text{ hm}^3$ ετησίως.**

7. Με μία πιο μετριοπαθή, οικονομικότερη και βιώσιμη πολιτική εκμετάλλευσης των υπόγειων υδατικών πόρων, όπου οι δύο ως άνω τιμές κατωφλίου που χαρακτηρίζουν τη χρήση των γεωτρήσεων επιλέγονται στο 25% και 40%, το απολήψιμο υδατικό δυναμικό ανέρχεται στα 550 hm³ στις πηγές και στα 495 hm³ στα διυλιστήρια με ποσοστό συμμετοχής των υπόγειων νερών κατά 4%. **Αυτές οι ποσότητες (550 hm³ στις πηγές και 495 hm³ στα διυλιστήρια) θα πρέπει να**

θεωρούνται ως ασφαλή θεωρητικά όρια απόληψης από το σύστημα υπό συνθήκες βιώσιμης διαχείρισης.

8. Αναμφισβήτητα, με τα έργα ενίσχυσης των υδραγωγείων που έχουν δρομολογηθεί από την Ε.ΥΔ.Α.Π., το σύστημα θα μπορέσει στο μέλλον να μεταφέρει αρκετά μεγαλύτερες ποσότητες νερού. Επιπροσθέτως, τα εν λόγω έργα ενίσχυσης θα βελτιώσουν την ασφάλεια του συστήματος έναντι περιστατικών βλάβης αλλά και θα μειώσουν το κόστος αντλήσεων, το οποίο, λόγω και της βλάβης του ενωτικού υδραγωγείου, είναι εξαιρετικά υψηλό.

9. Συγκρίνοντας τα μεγέθη ασφαλούς απόληψης με τα σενάρια αύξησης της κατανάλωσης, προκύπτει το συμπέρασμα ότι το υπάρχον σύστημα υδατικών πόρων είναι αδύνατο να καλύψει την αυξανόμενη ζήτηση, εφόσον αυτή δεν συγκρατηθεί σε μικρά σχετικά επίπεδα (χαμηλό σενάριο αύξησης και οπωσδήποτε πολύ κάτω από το μέσο σενάριο). **Προϋπόθεση για να συμβεί αυτό είναι να εφαρμοστεί μια επεξεργασμένη, ολοκληρωμένη και υπεύθυνη πολιτική διαχείρισης της ζήτησης, τόσο με ενημέρωση και συμμετοχή του κοινού όσο και με τη λήψη κατάλληλων τιμολογιακών μέτρων, με στόχο η κατανάλωση να μην ξεπεράσει το επίπεδο των 432 hm³ το 2020. Παράλληλα, κάθε προσπάθεια επέκτασης των υπηρεσιών της Ε.ΥΔ.Α.Π. προς άλλες περιοχές θα πρέπει να συνδυάζεται με αξιοποίηση και περαιτέρω ανάπτυξη των τοπικών υδατικών πόρων, ώστε να περιοριστούν οι πιέσεις προς το σημερινό σύστημα υδατικών πόρων.**

10. Τα πιο πάνω μεγέθη εκτιμήθηκαν με βάση λογισμικά πακέτα που αναπτύσσονται από το Ε.Μ.Π. για την Ε.ΥΔ.Α.Π. στα πλαίσια του ερευνητικού έργου που αποσκοπεί στην ανάπτυξη συστήματος υποστήριξης αποφάσεων για τη διαχείριση των υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας. Πρόκειται ειδικότερα για τα πακέτα Κασταλία (στοχαστική προσομοίωση και πρόγνωση εισροών ταμιευτήρων) και Υδρονομέας (προσομοίωση και βελτιστοποίηση υδροδοτικού συστήματος). Θα πρέπει να σημειωθεί, ωστόσο, ότι τα ως τώρα ιστορικά υδρολογικά δείγματα παρουσιάζουν ελλείψεις και προβλήματα ποιότητας. Αναμένεται ότι με την ολοκλήρωση του εν λόγω ερευνητικού έργου, οπότε θα λειτουργούν επιχειρησιακά τόσο τα συστήματα λογισμικού, όσο και το σύγχρονο σύστημα μέτρησης των

υδατικών πόρων που αναπτύσσεται στα πλαίσια του έργου, θα βελτιωθεί η αξιοπιστία των εκτιμήσεων. Άλλωστε, τα μεγέθη που υπεισέρχονται στη διαχείριση των υδατικών πόρων είναι από τη φύση τους δυναμικά και θα πρέπει να επικαιροποιούνται σε συνεχή βάση.

11. Ο ταμιευτήρας του Μαραθώνα, που είναι ο μόνος που βρίσκεται κοντά στην κατανάλωση, θεωρείται πρωταρχικής σημασίας όχι μόνο για τη ρυθμιστική του λειτουργία αλλά και για την ασφάλεια του όλου συστήματος έναντι έκτακτων περιστατικών. Όμως, η δόμηση στην κοίτη του Χάραδρου κατάντη του ταμιευτήρα δημιουργεί τον κίνδυνο σημαντικών καταστροφών ή και απωλειών ζωής σε περίπτωση υπερχείλισης μετά από έντονο πλημμυρικό επεισόδιο. Για τη μείωση αυτού του κινδύνου, ο οποίος πάντως δεν να εξαλειφθεί, έχουν τεθεί ανώτατα όρια στην αποθήκευση νερού στον ταμιευτήρα Μαραθώνα, τα οποία μάλιστα μεταβάλλονται εποχιακά (το χειμώνα που η πιθανότητα πλημμυρών είναι μεγαλύτερη τίθεται χαμηλότερο όριο αποθέματος). Το γεγονός αυτό, ωστόσο, μικραίνει κατά πολύ τη ρυθμιστική δυνατότητα και το επίπεδο ασφάλειας του υδροδοτικού συστήματος έναντι περιστατικών βλάβης των υδραγωγείων. Το όλο ζήτημα θα πρέπει να αντιμετωπιστεί από την πολιτεία συνολικά, με διερεύνηση/διευθέτηση των συνθηκών δόμησης και λήψη των αναγκαίων μέτρων για την ασφαλή διόδευση των πλημμυρικών παροχών του χειμάρρου.

Βιβλιογραφία

30/4/1902. 30/4/1902, ΣΚΡΙΠ, σ. 3.

12/5/1930. 12/5/1930, ΣΚΡΙΠ, σ. 4.

3/8/1912. 3/8/1912, ΣΚΡΙΠ, σ. 2.

7/12/1903. 7/12/1903, ΣΚΡΙΠ, σ. 6.

13/9/1895. 13/9/1895, ΣΚΡΙΠ, σ. 2.

7/9/1898. 7/9/1898, ΣΚΡΙΠ, σ. 3.

22/2/1957. 22/2/1957, ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ.

21/5/1967. 21/5/1967, ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ.

26/3/1953. 26/3/1953, ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ, σ. 4.

(EEA), European Environment Agency. 2005. *The European environment.* Copenhagen : State and outlook, 2005.

Adams, M.D., Ruffuer, M.C. and Morgan, T.A. 1998. Tree-ring responses to drought across species and contrasting sites in the ridge and valley of central pennsylvania. *Forest Science.* 1998, 44, pp. 550-558.

Austin, R.B., et al. 1998. Yield - rainfall relationship in cereal cropping systems in the Ebro river valley of Spain. *Eur. J. Argon.* 1998, 8, pp. 239-248.

Bruins, H.J. and Berliner, P.R. 1998. *Bioclimatic aridity, climatic variability, drought and desertification: definitions and management options.* Netherland : Kluwer Academic Publishers, 1998.

Bryant, EA. 1991. *Natural Hazards.* Campridge : Cambridge University Press, 1991. pp. 85-107.

Byun, H.R. and Wilhite, D.A. 1999. Objective Quantification of Drought Severity and Duration. *Journal of Climate.* 1999, 12, pp. 2747-2756.

Clarke, J.I., et al. 1989. *Population and Disaster.* [ed.] Institute of British Geographers Special Publications. s.l. : Blackwell, 1989. p. 320.

Eagleson, S P. 1970. *Dymanic Hydrology.* US : McGraw-Hill Inc, 1970. σ. 448.

- FAO. 2004.** *The State of Food Insecurity in the World and Agricultural Organization of the United Nation*. Rome : U.N., 2004. p. 41.
- FEMA. 1995.** *National mitigation strategy, partnerships for building safer communities, mitigation directorate, federal emergency management agency*. Washington DC : FEMA, 1995.
- Frampton, S, et al. 1996.** *Natural Hazards - Causes, Consequences and Management*. UK : s.n., 1996. Vol. 2nd. 7-30.
- Garcia, R.V. 1984.** *Nature Pleads not Guilty*. s.l. : Pergamon Press, 1984.
- Geist, H.J. and Lambin, E.F. 2004.** Dynamic causal patterns of desertification. *Bioscience*,. 2004, 54, pp. 817-829.
- Glantz, M.H. 1994.** *Drought, desertification and food production*. Cambridge : Cambridge University Press, 1994. pp. 6-22.
- Gleick, P.H. 2002.** Softwaterpaths. *Nature*. July 2002, Vol. vol.418, p. 373.
- . **1993.** *Water in Crisis: A Guide to World's Fresh Water Resources*. NY-USA : Oxford University Press, 1993.
- Kanti, B. 1998.** Coping mechanisms practiced by drought victims (1994/1995) in north Bengal, Bangladesh. *Applied Geography*. 1998, 18, pp. 355-373.
- Karl, T.R. and Koscielny, A.J. 1982.** Drought in the United States: 1895-1981. *J. Climatol*. 1982, 2, pp. 313-329.
- Kogan, F.N. 1995.** Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar-orbiting satellite data. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 1995, 76(5), pp. 655-668.
- . **1997.** Global drought watch from space. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 1997, 78, pp. 621-636.
- Koustogiannis, D. and Angelakis, A.N. 2003.** *Hydrologic and hydraulic science and technology in ancient Greece*. [ed.] Dekker. New York : The Encyclopedia of Water Science, 2003. pp. 415-417.

- Le Houerou, H.N., Popov, G.F. and See, L. 1993.** *Agrobioclimatic classification of Africa. Agrometeorology Series Working Paper No. 6.* Rome : Food and Agriculture Organization,, 1993.
- LUCINDA.** *Final Report Summary, European Commission.* CORDIS- Record Number: 46855.
- Mabbutt, J.A. 1985.** Desertification of the world's rangelands. *Desertification Control Bull.* 1985, 12, pp. 1-11.
- Morelas, A., Olcina, J. and Rico, A.M. 2000.** Diferentes persepciones de la sequia en Espana: Adaptacion, catastrofismo e intentos de correccion. *Investigaciones Geograficas.* 2000, 23, pp. 5-46.
- Nicholson, S.E., Tucker, C.J. and Ba, M.B. 1998.** Desertification, drought and surface vegetation: An example from the west African Sahel. *Bulletin of the American Meteorological Society.* 1998, 79, pp. 815-829.
- Orwing, D.A. and Abrams, M.D. 1997.** Variation in growthresponses to drought among species, site and canopy strata. *Trees.* 1997, 11, pp. 474-484.
- Pausas, J.G. 2004.** Changes in fore and climate in the eastern Iberian Peninsula (Mediterranean basin). *Climate Change.* 2004, 63, pp. 337-350.
- Svoboda, M., et al. 2002.** The drought monitor. *Bulletin of the American Meteorological Society.* 2002, 83, pp. 1181-1190.
- Turton, A.R. and Ohlsson, L. 1999.** Water scarcity and social stability: towards a deeper understanding of the key concepts needed to manage water scarcity in developing countries, in Proceedings. *The ninth Stockholm water conference.* 1999, p. 24.
- Water demand management and the Athens water supply.* **Xenos, D., et al. 2002.** Sofia : Proceedings of the 7th BNAWQ Scientific and Practical Conference, 2002. Water Quality Technologies and Management in Bulgaria.
- Wilhite, D.A. 1997.** *Improving Drought Management in the West - The Role of Mitigation and Preparedness. Report to the Western Water Policy Review Advisory Commission.* Nebraska : National Drought Mitigation Center University of Nebraska, 1997.
- A.Δ.Κ. 1999.** Μελέτη συμπεριφοράς των υφιστάμενων δικτύων ύδρευσης της περιοχής ευθύνης ΕΥΔΑΠ και προτάσεις βελτίωσης της λειτουργίας τους και επέκτασης και ενίσχυσής τους, Ενδιάμεση έκθεση για τα βασικά κριτήρια της μελέτης. Αθήνα : s.n., 1999.

Αναγνώστου, Γ Χ. 2003. Συμβολή στη μελέτη της ξηρασίας στον ελληνικό χώρο.

Θεσσαλονίκη : ΑΠΘ, 2003.

Αποστόλου, Κ. 2010. Χρήση δεικτών ξηρασίας για την εκτίμηση και πρόβλεψη της ξηρασίας στο υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας. Αθήνα : Τομέας Υδατικών Πόρων και

Περιβάλλοντος, Ε.Μ.Π., 2010.

Δαμιανόγλου, Ν. 1996. Διαχείριση λογαριασμών ηλεκτρικής ενέργειας στην μέση και χαμηλή τάση για αντλητικά συγκροτήματα.

https://www.itia.ntua.gr/el/prppp/9/full_report/. [Ηλεκτρονικό] 1996. [Παραπομπή:]

Ε.Ε. 2000. Οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, PE-CONS 3639/00.

Βρυξέλλες : s.n., 2000.

Ε.Υ.Δ.Α.Π. 2015. Μητρώο λειτουργίας και εξοπλισμού εγκαταστάσεων. Αθήνα : Ε.ΥΔ.Α.Π., 2015.

Ε.ΥΔ.Α.Π. 1996. Διαχειριστικό Σχέδιο Ύδρευσης (μετάφραση από το αγγλικό πρωτότυπο). Αθήνα : Knight Piésold, 1996.

Ε.ΥΔ.Α.Π. και Ε.Μ.Π. 1999. Σύμβαση ερευνητικού έργου «Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του συστήματος των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας. Αθήνα : s.n., 1999.

Ε.ΥΔ.Α.Π. 2000. Πρόταση για υπηρεσίες Συμβούλου από την WS Atkins Ltd για ανάληψη της εκπόνησης της μελέτης «Αξιολόγηση κινδύνων και επιλογών που αφορούν την επίδοση συστημάτων ύδρευσης και αποχέτευσης της Αθήνας κατά το Ολυμπιακό έτος 2004», Σχέδιο υπό διαπραγμάτευση. Αθήνα : Ε.ΥΔ.Α.Π., 2000.

Ε.ΥΔ.Α.Π., και συν. 2001. Έργα της ΕΥΔΑΠ που συγχρηματοδοτούνται από το Ταμείο Συνοχής, Έκθεση Προόδου Νο.4. Αθήνα : s.n., 2001.

Ελληνική Μετεωρολογική Εταιρεία. 1998. Ερμηνευτικό λεξικό μετεωρολογικών και κλιματολογικών όρων. Αθήνα : s.n., 1998. σ. 161.

Ευστρατιάδης, Α. 2000. Διερεύνηση μεθόδων αναζήτησης ολικού βελτίστου σε προβλήματα υδατικών πόρων. Αθήνα : Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων, Ε.Μ.Π., 2000.

- Ευστρατιάδης, Α., Ναλμπάντης, Ι. και Μανάσης, Ν. 2001.** *Υδρομετεωρολογικά δεδομένα και επεξεργασίες, Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του συστήματος των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας*,. Αθήνα : Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων, Ε.Μ.Π., 2001.
- Καραμπουρνιώτης, Κ. 2012.** *Επισκόπηση Δεικτών Ξηρασίας: Εφαρμογή του Δείκτη Palmer στον Ελληνικό Χώρο*. Αθήνα : ΕΜΠ - Διδακτορική Διατριβή, 2012. σσ. 10-19.
- Καρτάλης, Κ. 1999.** *Εισαγωγή στο φυσικό και ανθρωπογενές πειβάλλον*. Πάτρα : ΕΑΠ, 1999.
- Κατσαφάδος, Πέτρος. 2014.** Hua eclass. [Ηλεκτρονικό] 2014.
<http://webms.hua.gr/eclass/modules/document/index.php?course=GEO102&openDir=/5469d528293M>.
- Κουτσιγιάννης, Δ. και Ξανθόπουλος, Θ. 1999.** *Τεχνική Υδρολογία*. 3. Αθήνα : ΕΜΠ, 1999.
- Κουτσογιάννης, Δ., και συν. 2002.** *Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας — Έτος 2002–2003, Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του συστήματος των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας*. Αθήνα : Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων, ΕΜΠ, 2002.
- Μαμάσης, Ν και Κουτσογιάννης, Δ. 2000.** *Σημειώσεις Υδρομετεωρολογίας*. 2. Αθήνα : ΕΜΠ, 2000.
- Μαμάσης, Ν. 1997.** *Ανάλυση βροχοπτώσεων κατά τύποκαιρού*. Αθήνα : ΕΜΠ, 1997.
- Μαμάσης, Ν. και Κουτσογιάννης, Δ. 2007.** *Φυσικές, κοινωνικές και τεχνολογικές πτυχές της ξηρασίας - Το παράδειγμα της Αθήνας, Φυσικές και τεχνολογικές καταστροφές στην Ευρώπη και την Ελλάδα, επιμέλεια Σαπουτζάκη Κ.,. Αθήνα : Gutenberg, 2007. σσ. 61-88.*
- Μαρίνος - Κούρτης, Δ. 1999.** *Εισαγωγή στο Ανθρωπογενές Περιβάλλον*. Πάτρα : ΕΑΠ, 1999.
- Μιμίκου, Α Μ και Μπαλτάς, Ν Ε. 2003.** *Τεχνική Υδρολογία*. Γ'. Αθήνα : ΕΜΠ, 2003. σσ. 11-30.
- Μιμίκου, Α Μ. 1990.** *Τεχνολογία Υδάτινων Πόρων*. Αθήνα : ΕΜΠ, 1990.
- Μιμίκου, Μ.Α. και Φωτόπουλος, Φ.Σ. 2004.** *Σημειώσεις στο Μεταπτυχιακό Μάθημα υδατικό περιβάλλον και ανάπτυξη*. Αθήνα : ΕΜΠ, 2004.

Μπαλούτσος, Γ., Μπουρλέτσικας, Α. και Γκούμα, Β. 2006. *Η Ξηρασία ένα ακραίο κλιματικό φαινόμενο με ιδιαιτερότητες στη διαχείριση του.* Αθήνα : Ινστιτούτο μεσογειακών Δασικών οικοσυστημάτων & Τεχνολογίας Δασικών προϊόντων., 2006.

Παπαζαφειρίου, Ζ. 1983. *Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων.* Θεσσαλονίκη : ΑΠΘ, 1983.

Ρώτη, Σ., Μαμάσης, Ν. και Τσολακίδης, Κ. 1990. *Επεξεργασία υδρομετεωρολογικών δεδομένων λεκάνης Υλίκης, Διερεύνηση προσφερομένων δυνατοτήτων για την ενίσχυση της ύδρευσης μείζονος περιοχής Αθηνών, Φάση 2.* Αθήνα : Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων, Ε.Μ.Π., 1990. Τόμ. 2.

ΣΚΡΙΠ. 24/8/1898. 24/8/1898.

Τζεράνης, Ι. 1989. *Επισκόπηση δεδομένων διαφυγών και ισοζυγίου ταμιευτήρα Μόρνου, Διερεύνηση προσφερομένων δυνατοτήτων για την ενίσχυση της ύδρευσης μείζονος περιοχής Αθηνών - Φάση 1.* Αθήνα : Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων, ΕΜΠ, 1989.

Τσακίρης, Γ. 1995. *Υδατικοί πόροι: Τεχνική Υδρολογία.* Αθήνα : Συμμετρία, 1995.

ΥΒΕΤ. 1987. *Ο Νόμος 1739/1987 για τη διαχείριση των υδατικών πόρων.* Αθήνα : ΥΒΕΤ, 1987.

ΥΠΑΝ, και συν. 2003. *Σχέδιο προγράμματος διαχείρισης και υδάτινων πόρων της χώρας, Συμπλήρωση της ταξινόμησης ποσοτικών και ποιοτικών παραμέτρων των υδατικών πόρων στα υδατικά διαμερίσματα της χώρας.* Τομέας Υδατικών Πόρων ΕΜΠ. Αθήνα : Υπουργείο Ανάπτυξης, 2003.

ΥΠΕΧΩΔΕ. 1999. *Σύμβαση μεταξύ του Ελληνικού Δημοσίου και της ΑΠ.* Αθήνα : ΥΠΕΧΩΔΕ, 1999

Χατζηαλέκου, Ράνια. *Aviation meteorology.* [Ηλεκτρονικό]
<http://www.aviamet.gr/cms.jsp?moduleId=002&extLang=>.

Παράρτημα Α

Μηνιαίες καταναλώσεις από 1927 έως 2010 (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος	Έτος
1926-27				0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3		4,8
1927-28	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	5,4	6,0
1928-29	0,5	0,5	0,7	0,7	0,6	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	8,4	9,0
1929-30	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	9,8	9,8
1930-31	0,8	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,2	1,2	10,7	11,5
1931-32	1,1	1	1	0,8	0,7	0,8	1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	12,1	11,7
1932-33	1,1	0,8	0,8	0,8	0,7	0,9	0,9	1,1	1,2	1,4	1,4	1,2	12,3	12,8
1933-34	1,2	1,1	0,9	0,9	0,8	1,1	1,1	1,4	1,5	1,7	1,8	1,6	15,1	15,6
1934-35	1,4	1,2	1,1	1	1	1,1	1,4	1,6	1,9	2	2	1,8	17,5	18,0
1935-36	1,6	1,3	1,3	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2,1	2	1,8	18,8	18,8
1936-37	1,6	1,3	1,3	1,3	1,2	1,5	1,7	1,8	2,1	2,3	2,2	2,1	20,4	20,9
1937-38	1,8	1,5	1,4	1,4	1,3	1,5	1,6	2	2,2	2,4	2,3	2	21,4	21,5
1938-39	1,8	1,5	1,5	1,5	1,4	1,6	1,7	2,1	2	2,6	2,3	2	22	22,0
1939-40	1,8	1,5	1,5	1,4	1,4	1,5	1,7	1,8	2	2,3	2,2	2	21,1	20,8
1940-41	1,8	1,4	1,3	1,4	1,3	1,6	1,6	1,9	2,3	2,6	2,7	2,2	22,1	22,8
1941-42	1,9	1,7	1,6	1,6	1,5	1,8	1,9	2,4	2,8	3	3	2,8	26	27,3
1942-43	2,4	2,1	2	1,9	1,5	1,4	1,5	1,6	1,7	2	2	1,8	21,9	19,8
1943-44	1,7	1,4	1,3	1,1	1	1,1	1,1	1,3	1,5	1,6	1,5	1,5	16,1	15,7
1944-45	1,2	1,1	1,7	1,2	1	1,1	1,1	1,4	1,4	1,7	1,7	1,5	16,1	15,8
1945-46	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,3	1,4	1,6	1,9	2,2	2,3	2,2	18,8	20,1
1946-47	1,8	1,7	1,5	1,4	1,5	1,9	2	2,1	2,2	2,4	2,4	2,1	23	23,4
1947-48	1,9	1,7	1,8	1,6	1,2	1,4	1,5	1,7	2	2,4	2,4	2,1	21,7	21,7
1948-49	2	1,7	1,7	1,6	1,7	1,8	1,9	2,3	2,4	2,5	2,6	2,3	24,5	25,4
1949-50	2,2	2	2,1	1,9	1,7	1,8	2	2,1	2,4	2,7	2,6	2,4	25,9	25,8
1950-51	2,2	2	2	1,6	1,4	1,5	1,6	1,8	2,1	2,3	2,2	2	22,7	21,8
1951-52	1,8	1,7	1,8	1,7	1,6	1,8	2,2	2,3	2,6	2,8	2,9	2,7	25,9	27,3
1952-53	2,5	2,1	2,1	2,1	2	2,2	2,3	2,5	2,9	3,4	3,2	3	30,3	31,0
1953-54	2,7	2,3	2,4	2,2	2	2,3	2,4	2,7	3,3	3,7	3,5	3,2	32,7	33,1
1954-55	2,8	2,5	2,5	2,4	2,2	2,7	2,6	3,3	3,7	4,1	3,8	3,4	36	37,0
1955-56	3,1	2,8	2,9	2,8	2,6	2,8	3,2	3,6	4,2	4,6	4,6	4	41,2	42,5
1956-57	3,8	3,2	3,1	3	2,9	3,2	3,3	3,6	4,4	4,9	4,9	4,2	44,5	45,4
1957-58	4,1	3,5	3,4	3,3	3,1	3,5	3,6	4,4	4,7	5,3	5,2	4,3	48,4	49,2
1958-59	4,4	3,7	3,7	3,6	3,5	4	4,2	4,6	5,2	5,6	5,7	5,1	53,3	54,4
1959-60	4,7	4,1	4,1	4	3,9	4,4	4,5	5,5	6	6,7	6,6	6	60,5	63,1
1960-61	5,8	5	4,7	4,5	4,2	5	5,5	6,4	7	7,4	7,3	6,7	69,5	70,9
1961-62	6,1	5,5	5,3	5,1	4,6	5,7	6,1	7,1	7,6	8,1	8,3	7,3	76,8	77,6
1962-63	6,3	5,8	5,6	5,7	5,3	6	6,4	6,7	8,1	9	9	8,3	82,2	84,3
1963-64	7	6,5	6,3	6,1	5,7	6,4	7,2	7,8	8,4	9,4	9,1	8,3	88,2	90,2
1964-65	7,9	7	6,9	6,6	6	6,9	7	8,1	9,2	10,1	9,5	9,2	94,4	95,9
1965-66	8,6	7,5	7,2	7	6,7	7,5	7,7	8,7	9,6	10,8	10,9	9,5	101,7	103,5
1966-67	9,2	8,1	7,8	7,6	6,9	7,9	8,2	9,5	10,2	11,4	11,4	10,1	108,3	108,9
1967-68	9,5	8,1	8,1	7,9	7,7	8,3	9	10,7	10,7	12,2	11,3	10,8	114,3	115,7
1968-69	9,9	8,7	8,5	8,4	8	8,7	8,9	11,1	11,7	12,2	12,2	11,7	120	122,8
1969-70	11	9,8	9,1	9,2	8,7	9,7	10,3	11,4	12,5	13,5	13,3	12,3	130,8	133,6
1970-71	11,6	10,5	10,6	10,5	9,5	10,8	10,9	13,1	13,6	13,5	13,4	12,6	140,6	143,0

1971-72	12,3	11,4	11,4	11,1	10,6	11,9	11,7	13,5	14,9	14,5	14,2	13,7	151,2	153,4
1972-73	12,9	12,3	12,1	12	11,1	12,5	12,8	15,2	15,7	16,5	16	15,6	164,7	169,4
1973-74	15,2	13,6	13,2	12,9	11,7	13,1	13	15,1	16	17,1	16,6	15,4	172,9	172,9
1974-75	15,1	13,4	13,5	13,1	11,9	13,6	14,1	14,7	16,5	18,1	16,6	17	177,6	179,2
1975-76	15,9	14	13,7	13,8	12,8	14	14	16,4	17,9	18,7	17,1	16,8	185,1	187,9
1976-77	16,2	14,9	15,3	15,3	14,1	16,2	15,7	19	19,7	21	20,3	18,9	206,6	211,0
1977-78	18,3	16,2	16,3	16,7	15,3	17,2	16,9	19,4	21,3	22,4	21,4	20,1	221,5	226,9
1978-79	19,8	18,2	18,2	18,3	16,7	19,2	18,8	21,3	23,2	23,2	22,2	22,4	241,5	244,0
1979-80	20,9	18,8	19	18,7	17,2	19,1	19	21,9	23,5	25,6	24,2	23,9	251,8	256,6
1980-81	22,3	20,7	20,5	20,4	18,4	21,2	21,4	24,3	26,8	27,1	26,2	26	275,3	282,0
1981-82	25	22,8	22,4	21,9	19,7	21,5	21,6	23,9	25,6	27	24,9	24,7	281	273,9
1982-83	22,7	20,6	19,8	19,4	18	19,7	20,5	20,8	22,3	25,9	26,6	23,9	260,2	261,3
1983-84	22,8	20,6	20,8	20,9	19,7	20,6	19,2	24,3	25,8	26,1	24,2	25,5	270,5	275,0
1984-85	25,4	21,5	21,8	21,2	19,2	21,3	22	26,1	26,5	28,3	27,9	27,8	289	291,3
1985-86	25,5	23	22,5	21,9	19,6	22,5	25	25,8	27,8	30,2	29,8	29,4	303	306,4
1986-87	27	23,2	24,2	23,1	21,3	23,8	23,8	28,3	31	34	31,8	32,3	323,8	328,6
1987-88	28,5	25,3	25,4	25,5	24	26	26,2	32	33,8	38,1	36,2	33,8	354,8	361,7
1988-89	32	27	27,1	26,9	25,1	28,4	29,2	31,5	33,6	31,7	36,7	37,6	366,8	370,0
1989-90	32,7	28,7	27,9	28,2	25,9	29,9	27,5	29,4	29,8	29,5	26,1	26,6	342,2	326,5
1990-91	26,4	23,6	23,6	23,8	22,9	24,8	23,5	25,7	30,3	31,5	30,4	31,3	317,8	323,8
1991-92	28,4	25,6	25,6	25,6	23,8	26	25,8	29	31,5	30,9	30,5	31,1	333,8	330,3
1992-93	28,2	24,8	23,1	22,8	17,4	18,7	18,5	20,4	21,9	22,4	21,5	28,5	268,2	252,3
1993-94	21,5	19,2	19,5	19,1	18	20,4	20,4	21,9	23,1	24,5	24,1	25,6	257,3	263,6
1994-95	23,7	21,6	21,2	21,1	19,5	20,8	20,8	24,9	26,4	27,3	25,2	26,2	278,7	284,0
1995-96	25,3	23,0	23,5	23,5	22,3	23,8	23,8	28,5	28,7	30,6	27,9	27,6	308,5	311,1
1996-97	26,1	24,3	23,9	24,0	22,5	25,2	23,9	29,4	30,7	32,4	28,7	30,0	321,1	326,0
1997-98	28,2	25,7	25,4	25,4	23,4	25,9	26,3	28,5	31,7	35,5	33,1	32,0	341,1	347,0
1998-99	30,6	27,3	27,3	26,9	24,2	27,4	27,2	32,1	35,1	36,2	33,6	32,5	360,5	365,6
1999-00	32,4	29,1	28,8	28,6	27,1	29,9	30,2	34,7	36,7	39,9	36,9	36,7	390,9	395,0
2000-01	33,6	30,8	29,9	29,7	26,5	32,1	30,3	35,9	38,1	39,2	37,7	38,4	402,1	407,8
2001-02	37,2	31,3	31,5	33,7	29,1	32,1	31,7	36,3	40,6	42,7	38,1	36,0	420,3	426,6
2002-03	37,5	34,7	34,2	33,9	30,5	32,7	30,0	37,0	38,2	40,2	36,6	35,4	420,9	408,6
2003-04	34,1	30,3	29,7	30,4	31,2	30,6	31,6	35,6	38,8	41,4	38,1	38,7	410,6	414,6
2004-05	35,3	31,7	31,2	30,4	28,1	31,9	32,9	35,9	36,8	38,4	36,2	35,3	404,1	400,3
2005-06	33,2	30,5	30,7	31,0	28,9	32,2	32,3	37,7	38,4	39,6	38,3	36,7	409,5	412,2
2006-07	34,0	31,4	31,7	32,5	28,3	32,7	32,5	36,5	38,8	42,8	38,9	38,8	419,0	421,1
2007-08	36,5	31,5	31,3	31,3	31,4	33,0	31,8	37,6	38,7	43,8	39,8	39,1	425,8	431,4
2008-09	37,5	34,6	32,7	32,6	29,2	32,2	31,6	37,5	39,7	40,9	38,3	35,8	422,6	414,9
2009-10	34,2	31,4	31,5	31,4	29,1	33,7	34,0	38,4	38,5	40,1	38,6	37,3	418,2	354,9
2010-11	33,8													
Σύνολα	37,5	34,7	34,2	33,9	31,4	33,7	34,0	38,4	40,6	43,8	39,8	39,1	425,8	431,4

Παράρτημα Β

Πληθυσμός Δήμων και Κοινοτήτων Περιφέρειας Πρωτευούσης (πηγή:

Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Δήμος	Πληθυσμός					Ποσοστιαία αύξηση (%)			
	1961	1971	1981	1991	2001	1961-71	1971-81	1981-91	1991-01
Αγ. Ανάργυροι	18.448	26.094	30.320	30.739	32.957	41,40	16,20	1,40	7,20
Αγ. Βαρβάρα	13.726	26.409	29.259	28.706	30.562	92,40	10,80	-1,90	6,50
Αγ.Δημήτριος	21.365	40.968	51.421	57.574	65.173	91,80	25,50	12,00	13,20
Αγ. Παρασκευή	12.122	18.345	32.904	47.463	56.836	51,30	79,40	44,20	19,70
Αθήνα	627.564	867.023	885.737	772.072	745.514	38,20	2,20	-12,80	-3,40
Αιγάλεω	57.840	79.961	81.906	78.563	74.046	38,20	2,40	-4,10	-5,70
Άλιμος	8.383	18.102	27.036	32.024	38.047	115,90	49,40	18,40	18,80
Αμαρούσιον	20.135	27.112	48.151	64.092	69.470	34,70	77,60	33,10	8,40
Αργυρούπολη	4.021	13.956	26.108	31.530	33.158	247,10	87,10	20,80	5,20
Βούλα	3.864	5.575	10.539	17.998	25.532	44,30	89,00	70,80	41,90
Βουλιαγμένη	1.621	1.469	2.743	3.450	6.442	-9,40	86,70	25,80	86,70
Βριλήσσια	2.352	3.841	7.587	16.571	25.582	63,30	97,50	118,40	54,40
Βύρωνα	39.079	47.335	57.880	58.523	61.102	21,10	22,30	1,10	4,40
Γαλάτσι	13.743	27.240	50.096	57.230	58.042	98,20	83,90	14,20	1,40
Γλυφάδα	12.361	23.449	44.018	63.306	80.409	89,70	87,70	43,80	27,00
Δάφνη	23.747	26.608	26.887	24.152	23.674	12,00	1,00	-10,20	-2,00
Δραπετσώνα	14.103	14.586	14.767	13.094	12.944	3,40	1,20	-11,30	-1,10
Εκάλη	1.057	1.292	2.319	4.081	5.190	22,20	79,50	76,00	27,20
Ελληνικό	4.631	8.855	11.498	13.517	16.740	91,20	29,80	17,60	23,80
Ζωγράφου	27.185	56.722	84.548	80.492	76.115	108,70	49,10	-4,80	-5,40
Ηλιούπολη	27.638	49.215	69.560	75.037	75.904	78,10	41,30	7,90	1,20
Ηράκλειο	12.228	24.302	37.833	42.905	45.926	98,70	55,70	13,40	7,00
Καισαριανή	23.733	26.915	28.972	26.803	26.419	13,40	7,60	-7,50	-1,40
Καλλιθέα	54.720	82.438	117.319	114.233	109.609	50,70	42,30	-2,60	-4,00
Καματερό	3.304	11.382	15.593	17.410	22.234	244,50	37,00	11,70	27,70
Κερατσίνι	61.673	67.762	74.179	71.982	76.102	9,90	9,50	-3,00	5,70
Κηφισιά	14.193	20.082	31.876	39.166	43.929	41,50	58,70	22,90	12,20
Κορυδαλλός	30.589	47.333	61.313	63.184	67.456	54,70	29,50	3,10	6,80
Λυκόβρυση	1.502	3.213	4.437	5.965	8.116	113,90	38,10	34,40	36,10
Μελίσσια	3.348	5.374	8.639	13.469	19.526	60,50	60,80	55,90	45,00
Μεταμόρφωση	7.952	16.880	17.840	21.052	26.448	112,30	5,70	18,00	25,60
Μοσχάτο	18.536	22.138	21.138	22.039	23.153	19,40	-4,50	4,30	5,10
Ν. Ερυθραία	6.134	7.583	10.100	12.993	15.439	23,60	33,20	28,60	18,80
Ν. Ιωνία	48.149	54.906	59.202	60.635	66.017	14,00	7,80	2,40	8,90
Ν. Λιόσια	31.810	56.217	72.427	78.326	80.859	76,70	28,80	8,10	3,20
Ν. Πεντέλη	1.181	1.453	2.723	4.332	6.156	23,00	87,40	59,10	42,10

N. Σμύρνη	32.856		67.408	69.749	73.986			3,50	6,10
N. Φιλαδέλφεια		19.639	25.320	25.261	24.112		28,90	-0,20	-4,50
N. Χαλκιδόνα	6.695	8.768	10.533	9.953	10.112	31,00	20,10	-5,50	1,60
N. Ψηχικό	7.560	9.139	11.467	12.023	10.848	20,90	25,50	4,80	-9,80
Νίκαια	83.266	86.269	90.638	87.597	93.086	3,60	5,10	-3,40	6,30
Π. Φάληρο	22.157	35.066	53.273	61.371	64.759	58,30	51,90	15,20	5,50
Παπάγου		8.083	12.553	13.974	13.207		55	11,30	-5,50
Πειραιάς	183.957	187.458	196.389	182.671	175.697	1,90	4,80	-7,00	-3,80
Πεντέλη	1.794	1.871	2.286	3.197	4.829	4,30	22,20	39,90	51,00
Πέραμα	14.694	18.258	23.012	24.119	25.720	24,30	26,00	4,80	6,60
Περιστερί	79.335	118.413	140.858	137.288	137.918	49,30	19,00	-2,50	0,50
Πετρούπολη	8.520	18.631	27.902	38.278	48.327	118,70	49,80	37,20	26,30
Πεύκη	3.763	4.906	10.863	17.987	19.887	30,40	121,40	65,60	10,60
Ρέντης	11.204	17.560	16.276	14.218	15.060	56,70	-7,30	-12,60	5,90
Ταύρος	15.363	15.795	16.514	15.456	14.963	2,80	4,60	-6,40	-3,20
Υμηττός	12.193	13.717	12.491	11.671	11.139	12,50	-8,90	-6,60	-4,60
Φιλοθέη	3.088	4.087	6.749	8.396	7.310	32,40	65,10	24,40	-12,90
Χαϊδάρι	24.002	38.121	47.396	47.437	46.276	58,80	24,30	0,10	-2,40
Χαλάνδρι	25.774	35.944	54.320	66.285	71.684	39,50	51,10	22,00	8,10
Χολαργός	13.637	14.904	31.703	33.691	32.166	9,30	112,70	6,30	-4,50
Ψυχικό	7.209	9.053	10.775	10.592	10.901	25,60	19,00	-1,70	2,90
Σύνολα	1.831.104	2.497.817	3.027.601	3.055.922	3.162.815	36,40	21,20	1,40	3,50

Παράρτημα Γ

Χρονική εξέλιξη των τιμολογημένων καταναλώσεων κάθε κατηγορίας (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Έτος	Κοινή	Βιομηχανική	Δημόσια	ΟΤΑ	Αδιύλιστο	Λοιπές	Συνολική	Εκροή ΜΕΝ	Απώλειες	%
1973	104,4	19,0	11,5			2,8	137,6	169,4	31,8	0,188
1974	103,3	18,0	11,3			2,7	135,3	172,9	37,6	0,217
1975	105,4	20,5	11,0			2,6	139,5	179,2	39,7	0,222
1976	103,3	25,7	11,6			2,6	143,2	187,9	44,7	0,238
1977	112,3	27,0	11,9			2,7	153,8	211,0	57,2	0,271
1978	114,8	28,0	12,2			2,3	157,3	226,9	69,6	0,307
1979	124,4	28,6	12,5			2,3	167,8	244,0	76,2	0,312
1980	128,1	28,0	12,2			2,1	170,4	256,6	86,2	0,336
1981	136,9	27,8	12,8			2,1	179,7	282,0	102,3	0,363
1982	130,8	25,8	13,1	2,1		2,4	174,2	273,9	99,7	0,364
1983	120,2	23,3	13,7	4,5	0,2	3,9	165,7	261,3	95,6	0,366
1984	127,6	24,2	15,5	8,2	0,1	5,0	180,5	275,0	94,5	0,344
1985	142,6	25,4	17,1	17,8	0,8	0,2	203,0	291,3	88,3	0,303
1986	136,7	24,9	17,3	19,5	1,4	2,5	200,9	306,4	105,5	0,344
1987	150,7	27,4	26,7	24,5	1,5	2,9	232,2	328,6	96,4	0,293
1988	160,6	30,4	23,4	30,1	1,6	3,1	247,6	361,7	114,1	0,315
1989	170,1	31,4	25,1	34,3	2,0	3,1	264,0	370,0	106,0	0,287
1990	151,0	26,1	19,5	33,1	2,5	2,8	232,6	326,5	93,9	0,288
1991	130,4	22,0	18,5	34,6	2,5	2,5	208,0	323,8	115,8	0,358
1992	149,8	21,3	19,8	30,3	2,8	2,5	223,8	330,3	106,5	0,323
1993	106,2	15,0	11,3	24,3	1,5	2,0	158,7	252,3	93,6	0,371
1994	121,3	14,3	12,7	28,0	1,8	2,0	178,3	263,6	85,3	0,324
1995	134,2	17,2	13,9	30,5	1,1	2,2	197,9	284,0	86,1	0,303
1996	151,8	17,3	15,5	33,5	6,3	2,1	220,2	307,4	87,2	0,284
1997	164,1	17,9	16,7	35,6	5,3	2,0	236,3	319,4	83,1	0,260
1998	178,4	18,9	18,6	41,1	3,2	1,9	258,9	339,7	80,8	0,238

1999	185,3	20,8	20,9	46,5	3,7	2,0	275,4	357,0	81,6	0,229
2000	199,5	21,2	22,9	55,0	4,8	2,2	300,8	385,9	85,0	0,220
2001	194,1	20,2	21,4	57,7	6,1	4,9	298,3	400,6	102,3	0,255
2002	199,5	19,7	20,8	55,9	5,8	4,9	300,9	416,1	115,2	0,277
2003	198,2	20,5	20,6	59,7	6,4	5,1	304,2	399,2	95,0	0,238
2004	199,2	21,0	21,5	58,7	6,6	5,2	305,6	405,4	99,9	0,246
2005	205,7	19,6	21,5	59,6	6,5	5,3	311,7	394,8	83,1	0,211
2006	204,2	19,8	19,6	58,9	6,2	5,1	307,5	407,5	100,0	0,245
2007	216,9	21,3	24,1	67,4	13,0	4,3	333,9	416,2	82,3	0,198
2008	211,3	22,5	22,5	72,2	12,4	2,9	331,3	420,0	88,7	0,211
2009	203,6	23,8	23,7	66,8	7,0	5,0	330,0	425,0	97,8	0,23

Παράρτημα Δ

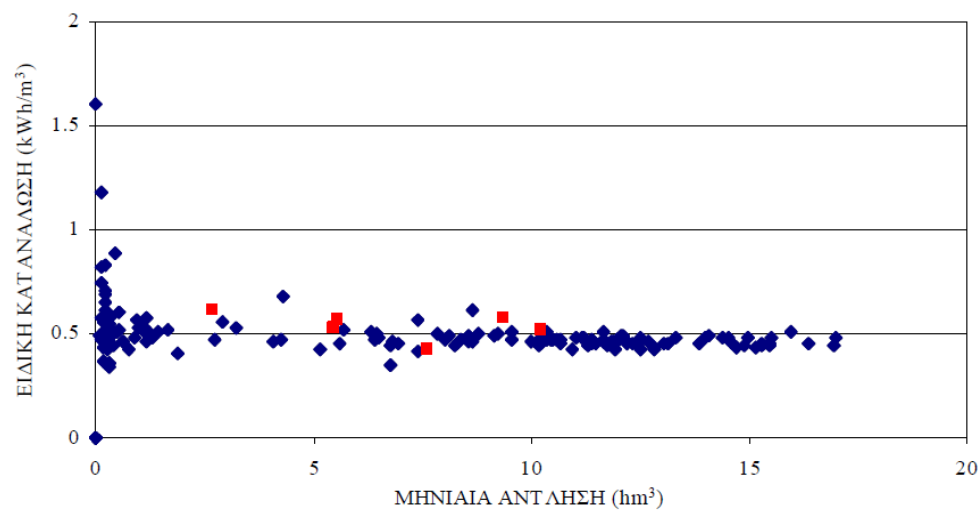
Χρονική εξέλιξη των απολήψεων από τους ταμιευτήρες, της παροχής των διυλιστηρίων και της τιμολογημένης κατανάλωσης (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)

Έτος	Απόληψη από ταμιευτήρες και γεωτρήσεις	Παροχή διυλιστηρίων	Τιμολογημένη κατανάλωση	Διαφορά	Διαφορά	Ποσοστιαίες απώλειες (%)	Ποσοστιαίες απώλειες (%)
	(1)	(2)	(3)	(1-2)	(2-3)	(1-2)	(2-3)
1973		169.4	137.6		31.8		19
1974		172.9	135.3		37.6		22
1975		179.2	139.5		39.7		22
1976		187.9	143.2		44.7		24
1977		211.0	153.8		57.2		27
1978	226.1	226.9	157.3	-0.8	69.6	0	31
1979	218.3	244.0	167.8	-25.7	76.2	-12	31
1980	220.9	256.6	170.4	-35.7	86.2	-16	34
1981	286.5	282.0	179.7	4.5	102.3	2	36
1982	338.5	273.9	174.2	64.6	99.7	19	36
1983	273.9	261.3	165.9	12.6	95.4	5	37
1984	295.8	272.7	180.6	23.1	92.1	8	34
1985	372.9	289.8	203.9	83.1	85.9	22	30
1986	371.5	305.2	202.3	66.3	102.9	18	34
1987	388.7	327.5	233.7	61.2	93.8	16	29
1988	391.8	361.5	249.2	30.3	112.4	8	31
1989	429.1	375.8	266.0	53.3	109.8	12	29
1990	357.7	326.5	235.1	31.2	91.4	9	28
1991	325.6	323.8	210.4	1.9	113.3	1	35
1992	311.5	330.2	226.5	-18.7	103.7	-6	31
1993	169.1	252.3	160.2	-83.3	92.1	-49	37
1994	185.6	263.7	180.1	-78.1	83.6	-42	32
1995	282.9	280.2	199.0	-1.2	81.2	1	29
1996	303.2	307.4	226.5	-7.9	80.9	-1	26
1997	334.9	319.4	241.6	15.5	77.8	5	24
1998	343.3	339.7	262.1	3.6	77.6	1	23
1999	391.1	357.0	279.1	34.1	77.9	9	22
2000	437.0	385.8	305.6	51.2	80.1	12	21
2001	457.6	400.7	333.8	57.0	66.9	12	17

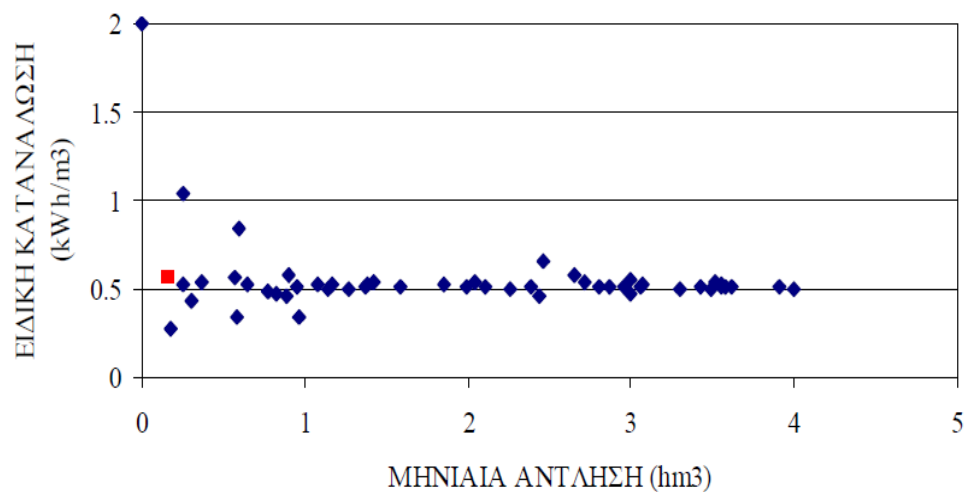
Παράρτημα Ε

Μηναία κατανάλωση αντλήσεων αντλιοστασίων (πηγή: Αρχείο Ε.ΥΔ.Α.Π.)

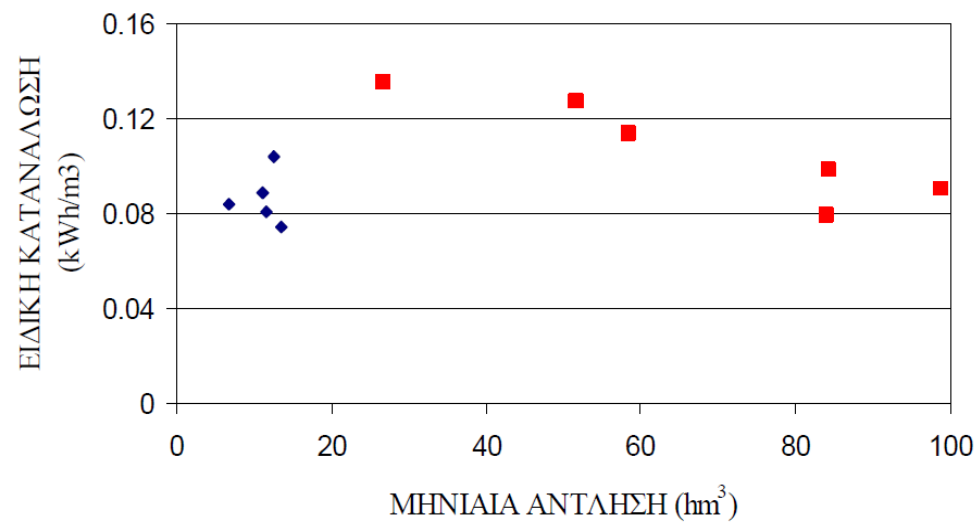
Αντλιοστάσιο Υλίκης



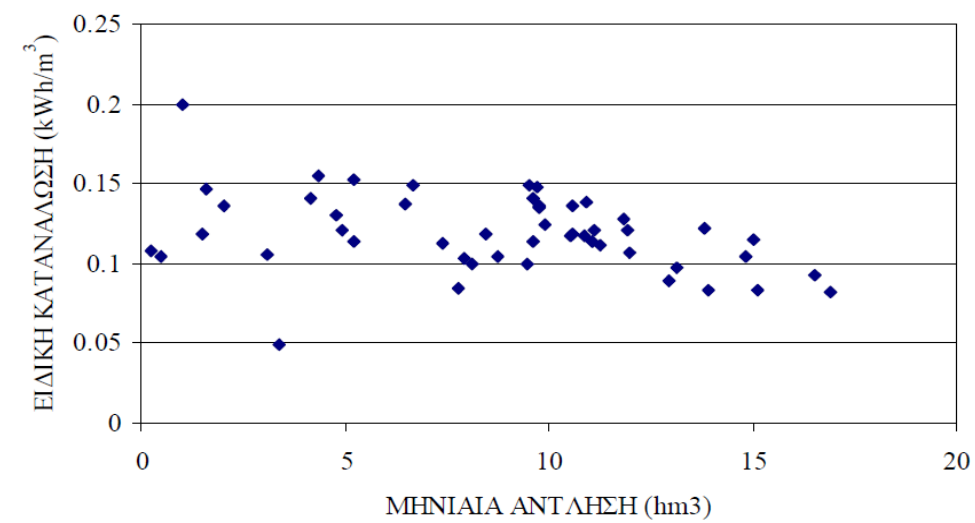
Αντλιοστάσιο 7^{ης} Μονάδας



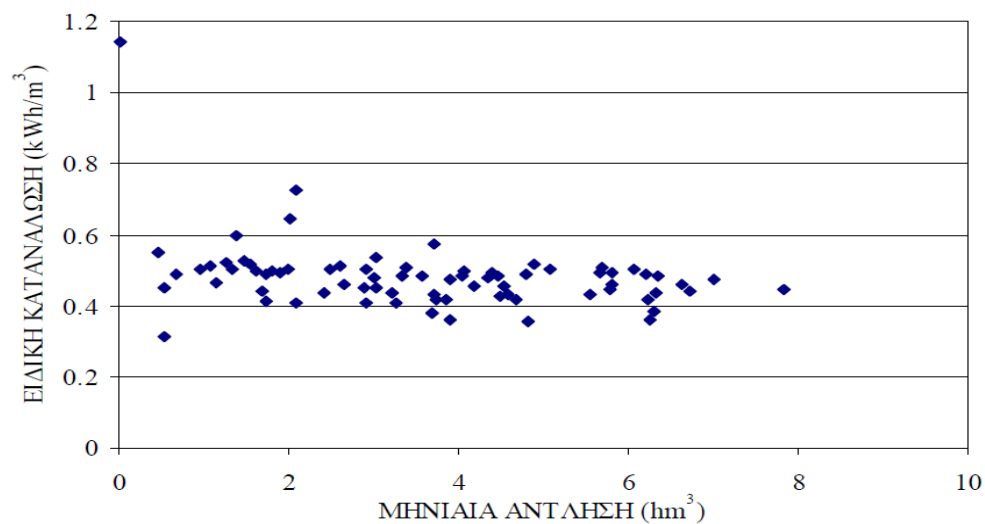
Αντλιοστάσιο Πλωτών Β



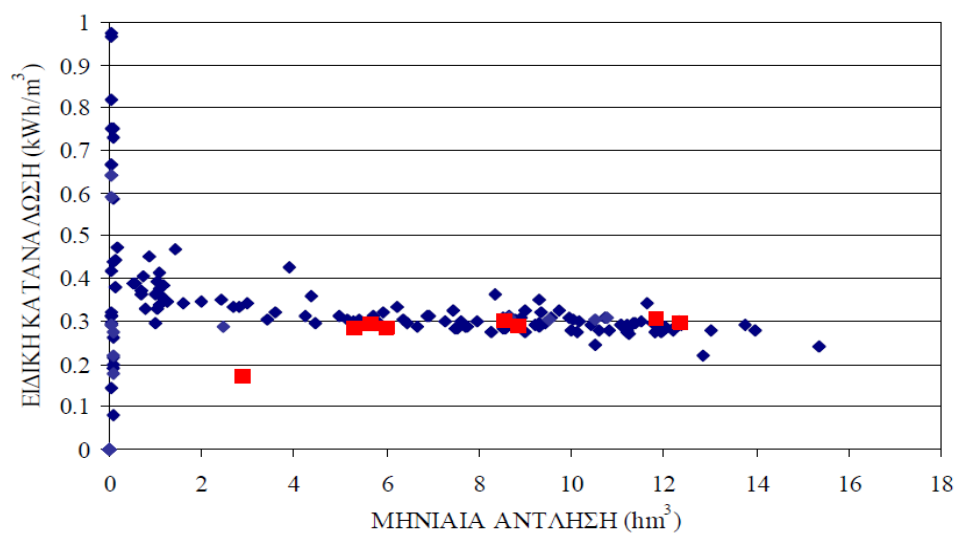
Αντλιοστάσιο Πλωτών Γ



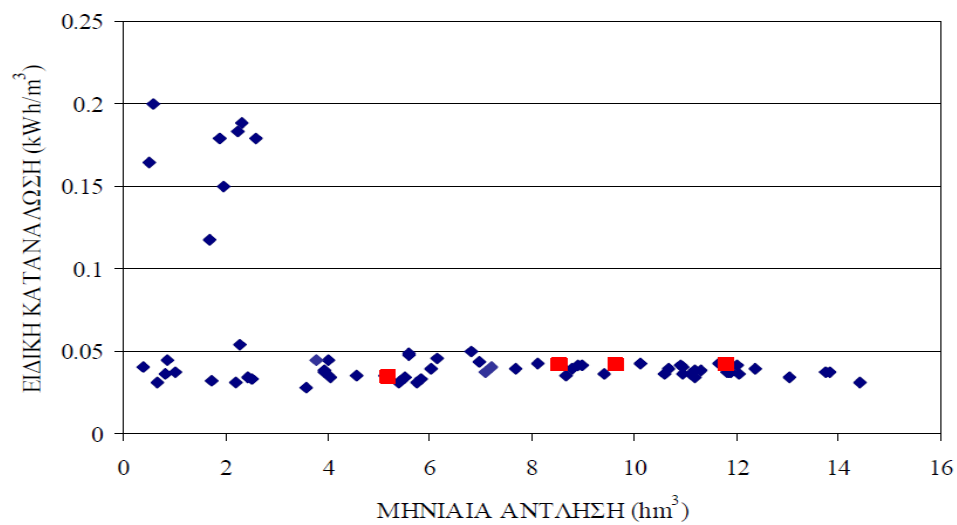
Αντλιοστάσιο Ασωπού



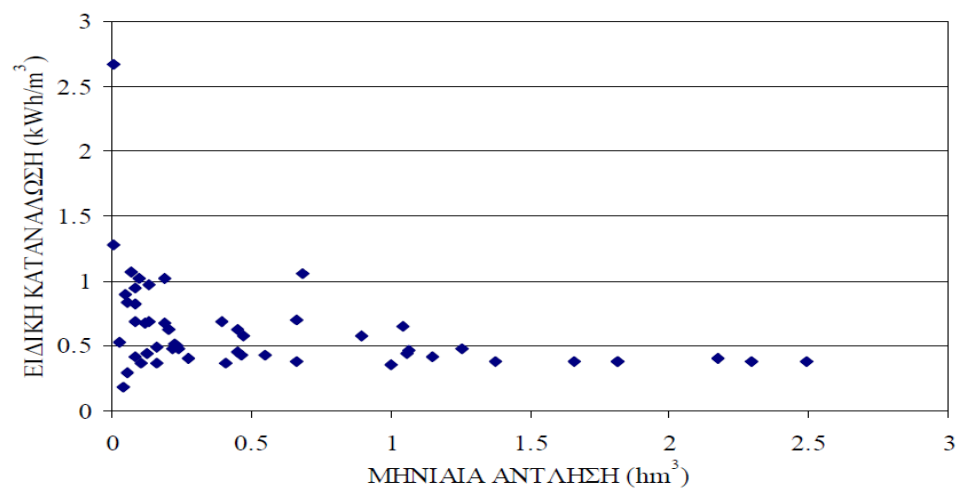
Αντλιοστάσιο Βίλζας



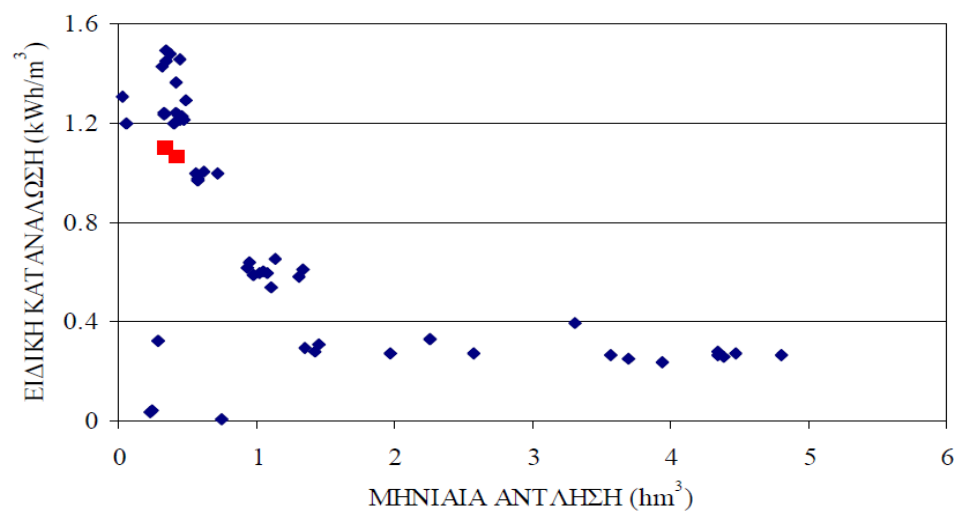
Αντλιοστάσιο Booster



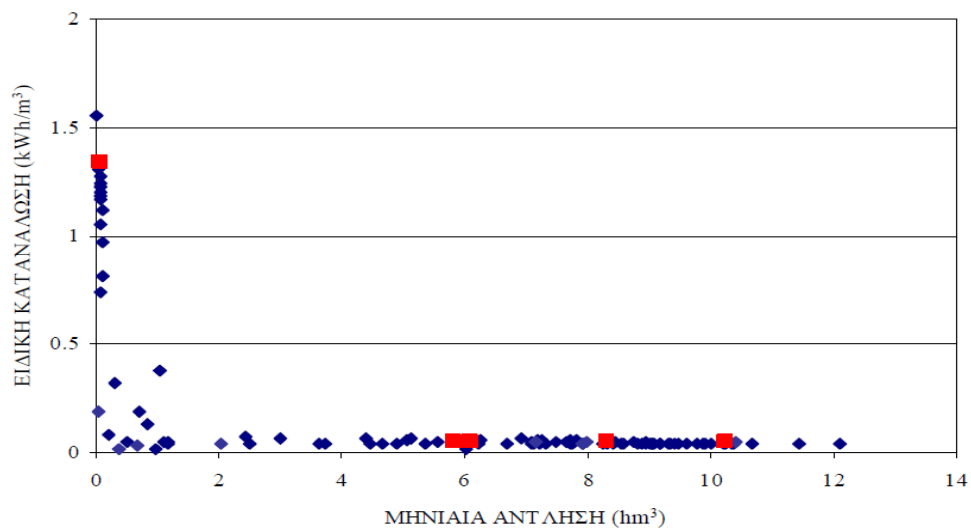
Αντλιοστάσιο Αγ. Θωμά



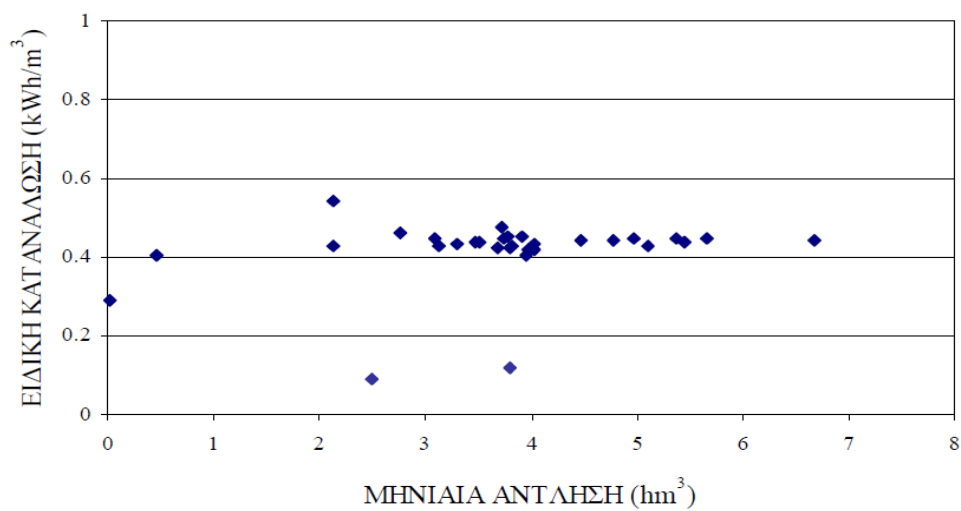
Αντλιοστάσιο No.3



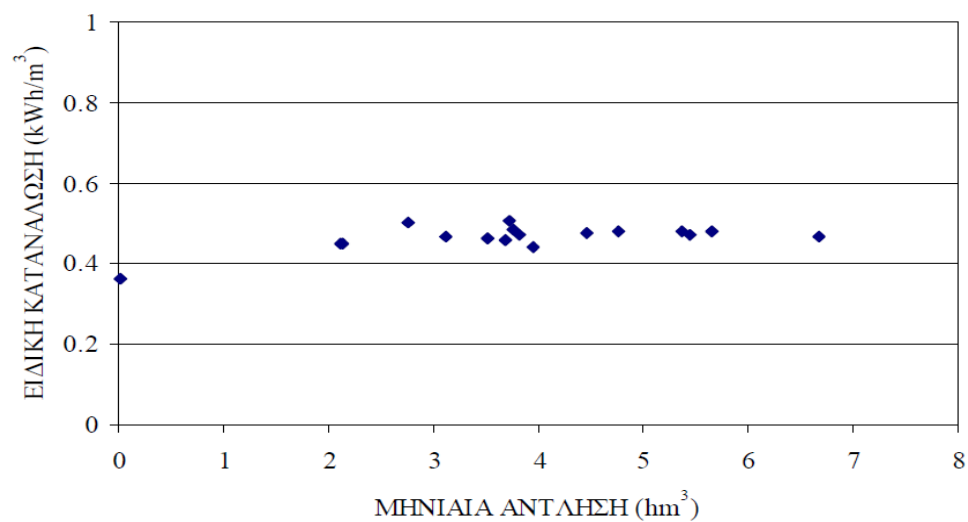
Αντλιοστάσιο No.4



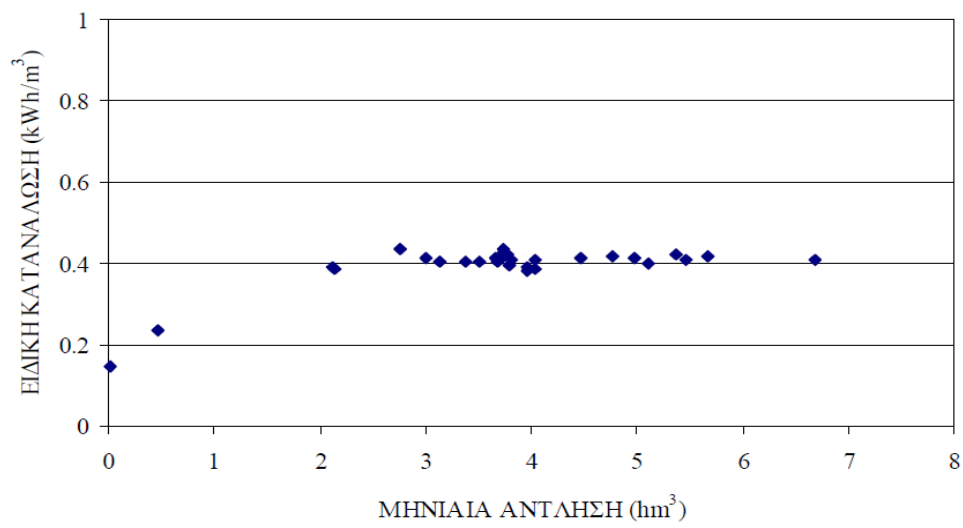
Αντλιοστάσιο ΑΔ1



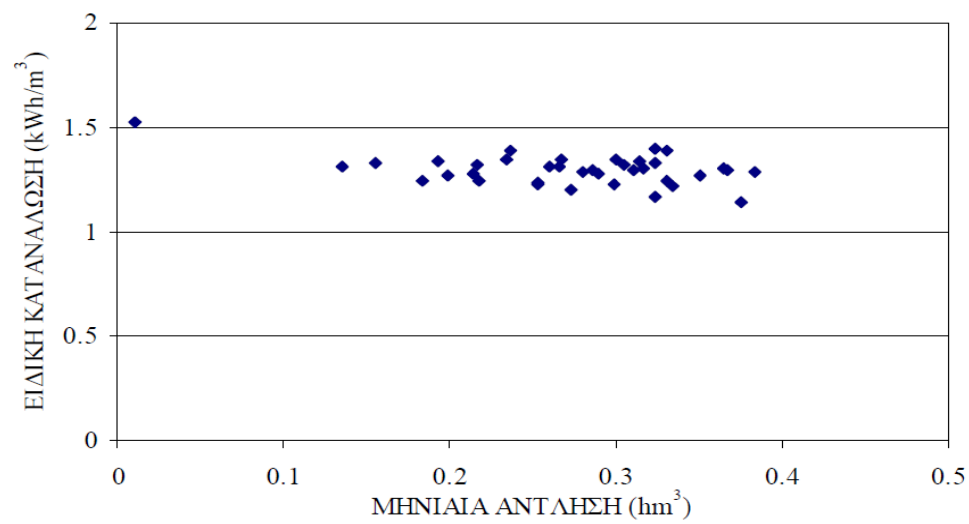
Αντλιοστάσιο ΑΔ2



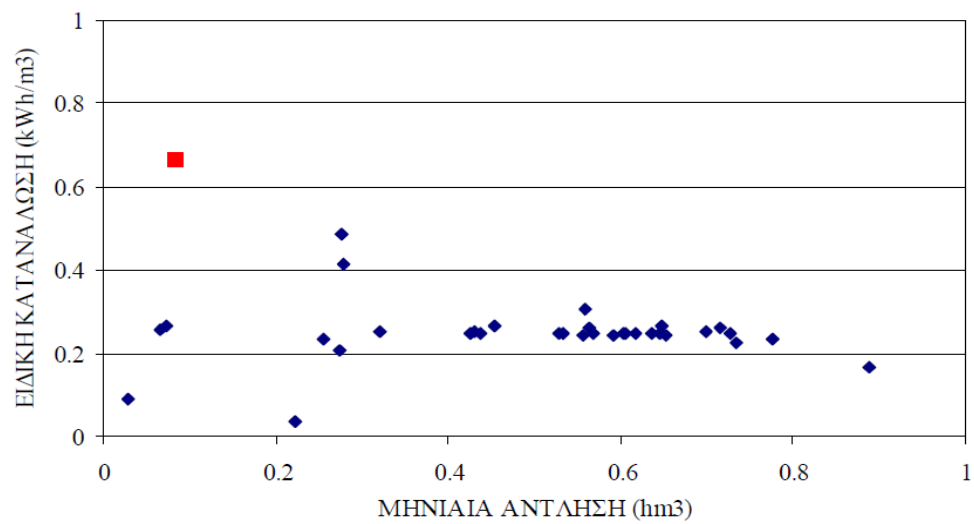
Αντλιοστάσιο ΑΔ3



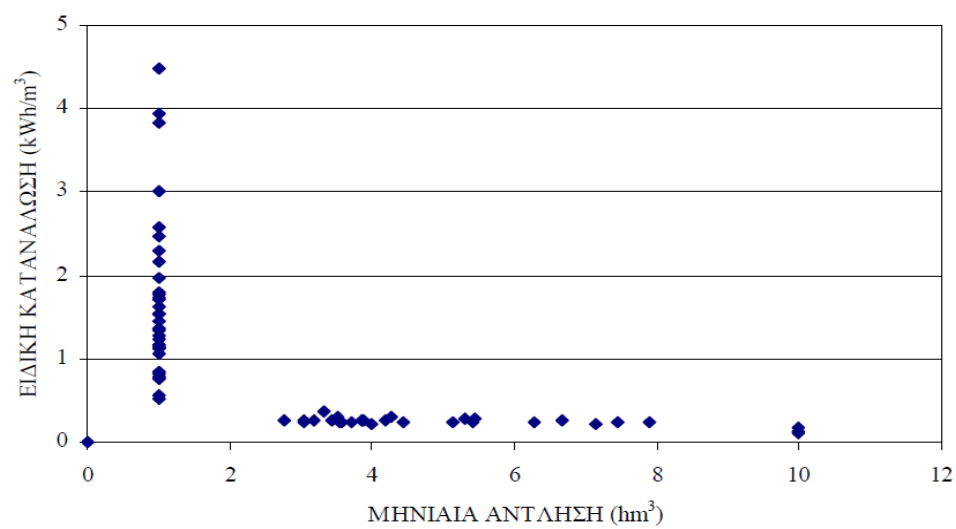
Αντλιοστάσιο Γ' Στρατοπέδου



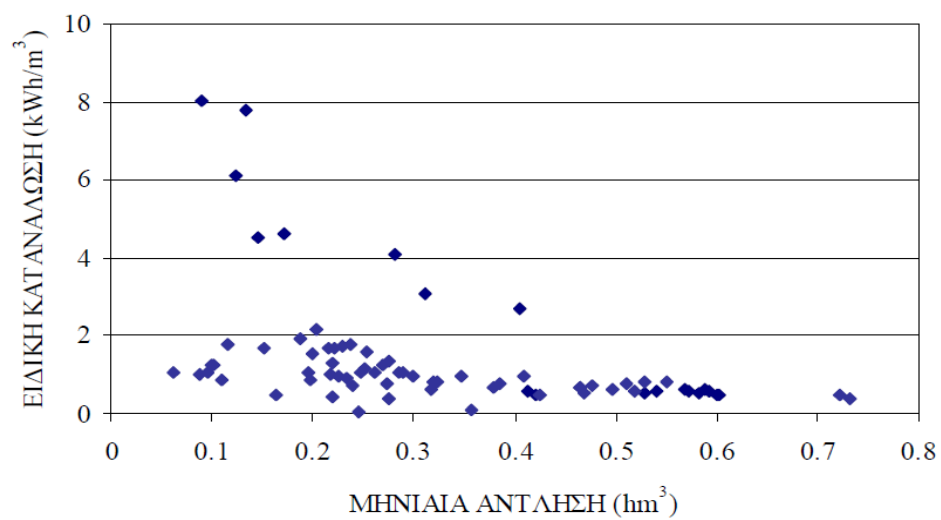
Αντλιοστάσιο Βίλζας No.1



Αντλιοστάσιο Κιούρκων



Αντλιοστάσιο Μαυροσουβάλας (Συνδέσμου)



Αντλιοστάσιο Μαυροσουβάλας (Ε.ΥΔ.Α.Π.)

