

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>10</b>
1.1 Γενικά.....	10
1.2 Γενικές Αρχές Διαχείρισης Υδατικών Πόρων.....	11
1.3 Αντικειμενικός Σκοπός της Εργασίας.....	15
1.4 Στόχοι εργασίας.....	16
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....</b>	<b>18</b>
2.1. Ιστορική Αναδρομή Θεσμικού Πλαισίου.....	18
2.2 Ευρωπαϊκή Οδηγία 2000/60/ΕΚ.....	21
2.3 Προβλήματα Εφαρμογής στην Ελλάδα.....	23
2.4 Προβλήματα Εφαρμογής στην Λήμνο.....	28
2.5 Εφαρμογή της Οδηγίας.....	29
2.6 Σχολιασμός της Εφαρμογής της Οδηγίας.....	31
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΗΜΝΟΥ.....</b>	<b>35</b>
3.1 Γεωγραφική Θέση.....	35
3.2 Ιστορικά Στοιχεία.....	35
3.3 Γεωμορφολογία.....	35
3.4 Υδατικοί Πόροι - Υδρογεωλογικές Συνθήκες.....	36
3.4.1. Λεκάνες Απορροής.....	37
3.5 Κλίμα - Μετεωρολογικά στοιχεία.....	40
3.5.1. Ατμοσφαιρικά Κατακρημνίσματα – Θερμοκρασία – Βιοκλίμα.....	40
3.6 Τουρισμός.....	46
3.7. Ανθρωπογενές Περιβάλλον.....	49
3.7.1 Δημογραφικά Στοιχεία.....	50
3.7.2. Κοινωνικά Στοιχεία.....	51
3.7.3. Χρήσεις γης.....	52
3.7.4. Ενέργεια.....	53
3.8. Γεωλογία.....	54
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ.....</b>	<b>56</b>
4.1. Εισαγωγή.....	56
4.2. Χαρακτηριστικά Λεκανών Απορροής.....	57
4.2.1. Μορφολογικά Χαρακτηριστικά Λεκανών Απορροής.....	58
4.2.2. Χαρακτηριστικά Υδρογραφικού Δικτύου.....	60
4.2.3 Λεκάνες απορροής της περιοχής μελέτης.....	61
4.3 Απορροές Κύριων Λεκανών Απορροής.....	69
4.3.1 Γενικά – Επιφανειακό Υδατικό Δυναμικό.....	70
4.3.2 Δημιουργία Χρονοσειρών Μετεωρολογικών Δεδομένων με Hydrognomon για χλιετία.....	74
4.3.2.1. Υποπρόγραμμα Κασταλία.....	78
4.4. Μοντέλα Βροχόπτωσης –Απορροής –Εξατμισοδιαπνοή.....	89
4.4.1 Μοντέλα Βροχόπτωσης – Απορροής.....	90
4.4.1.1. Απλό μοντέλο υδατικού ισοζυγίου (Simple Water Balance Model – S.W.B.M.).....	94
4.4.2 Μοντέλα Εξατμισοδιαπνοής.....	97
4.4.2.3. Εκτίμηση Εξατμισοδιαπνοής με τη χρήση του Λογισμικού DrinC.....	99
4.4.3 Εφαρμογή του μοντέλου medbasin στις κύριες λεκάνες.....	104
4.5 Εκτίμηση Εκμεταλλεύσιμου Υδατικού Δυναμικού.....	105
4.5.1 Προσομοίωση Ταμιευτήρα Κατάντη της Λεκάνης Απορροής.....	106

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΔΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ .....</b>	<b>112</b>
<b>5.1 Υπολεκάνη Αλυκή.....</b>	<b>112</b>
<b>5.2 Υπολεκάνη Γομάτι .....</b>	<b>115</b>
<b>5.3 Υπολεκάνη Πολιόχνη .....</b>	<b>118</b>
<b>5.4 Υπολεκάνη Ραγκαβά .....</b>	<b>121</b>
<b>5.5 Υπολεκάνη Φράγματος Κοντιά .....</b>	<b>124</b>
<b>5.6 Υπολεκάνη Χαβούλη.....</b>	<b>127</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup> ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....</b>	<b>130</b>
<b>6.1 Συμπεράσματα.....</b>	<b>130</b>
<b>6.2 Προτάσεις .....</b>	<b>131</b>

## ΣΧΗΜΑΤΑ

<b>Πίνακας 3.1.</b> Μηνιαία ύψη Υετού για τα έτη 1971-2010 του Μετεωρολογικού Σταθμού Λήμνου.....	41
<b>Πίνακας 3.2.</b> Εξέλιξη του αριθμού των κλινών των ξενοδοχείων της Λήμνου 1988-2007.....	47
<b>Πίνακας 3.3.</b> Ξενοδοχεία ανά λειτουργική μορφή (2008) .....	47
<b>Πίνακας 3.4.</b> Καταλύματα Δήμου Λήμνου ανά είδος (2008) .....	48
<b>Πίνακας 3.5.</b> Πληθυσμιακή ανάπτυξη της Λήμνου .....	50
<b>Πίνακας 3.6.</b> Εξέλιξη του μόνιμου πληθυσμού Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου και Περιφερειακής Ενότητας Λήμνου και Δήμων (1991-2001-2011). .....	51
<b>Πίνακας 3.7.</b> Εξέλιξη του πληθυσμού Περιφερειακής Ενότητας Λήμνου κατά Δήμο και Δημοτικής Ενότητα (2001-2011). .....	51
<b>Πίνακας 3.8.</b> Οικονομικά μη ενεργός πληθυσμός. ....	52
<b>Πίνακας 3.9.</b> Χρήσεις γης Δήμου Λήμνου .....	52
<b>Πίνακας 3.10.</b> Κάλυψη Χρήσεων Γης της νήσου Λήμνου. ....	53
<b>Πίνακας 4.1.</b> Μορφολογικά χαρακτηριστικά των υδρολογικών λεκανών της περιοχής μελέτης.....	62
<b>Πίνακας 4.2.</b> Τύποι δεδομένων χρονοσειρών. ....	78
<b>Πίνακας 4.3.</b> Παράμετροι που αναφέρονται στην παραγωγή τυχαίων αριθμών .....	81
<b>Πίνακας 4.4.</b> Παράμετροι που αναφέρονται στη διαδικασία διάσπασης των μητρώων συνδιασπορών.....	82
<b>Πίνακας 4.5.</b> Παράμετροι που αναφέρονται στο στοχαστικό μοντέλο των ετήσιων μεταβλητών.....	83
<b>Πίνακας 4.6.</b> Παράμετροι που αναφέρονται στη γέννηση των συνθετικών χρονοσειρών.....	84
<b>Πίνακας 4.7.</b> Μέσες μηνιαίες τιμές ύψους βροχής .....	86
<b>Πίνακας 4.8.</b> Τυπική απόκλιση μηνιαίων τιμών ύψους βροχής .....	86
<b>Πίνακας 4.9.</b> Μέσες μηνιαίες μέγιστες θερμοκρασίες.....	86
<b>Πίνακας 4.10.</b> Τυπική απόκλιση μηνιαίων τιμών υψηλών θερμοκρασιών .....	87
<b>Πίνακας 4.11.</b> Τυπική απόκλιση μηνιαίων τιμών υψηλών θερμοκρασιών .....	88
<b>Πίνακας 4.12.</b> Μέσες μηνιαίες ελάχιστες θερμοκρασίες.....	89
<b>Πίνακας 4.13.</b> Τυπική απόκλιση μηνιαίων τιμών ελαχίστων θερμοκρασιών.....	89
<b>Πίνακας 4.14.</b> Αποτελέσματα εξαμυσοδιαπνοής για την 100ετία 2014-211 & 2114. ....	101
<b>Πίνακας 4.15.</b> Τυπικές τιμές του αριθμού καμπύλης απορροής (CN) κατά U.S.S.A. 1986 για αγροτικές, ημιαστικές και αστικές περιοχές και για προηγούμενες συνθήκες υγρασίας τύπου II (U.S.S.A., 1986).....	105
<b>Πίνακας 4.16.</b> Ανάγκες Ύδρευσης Έτους 2012 Νήσου Λήμνου.....	109
<b>Πίνακας 4.17.</b> Ανάγκες Μηνιαίας Άρδευσης ανά τύπο Αγροτικής Καλλιέργειας ...	110
<b>Πίνακας 5.1.</b> Αποτελέσματα απορροής (MAR) στη υπολεκάνη «Αλυκή» .....	112
<b>Πίνακας 5.2</b> Αποτελέσματα Προσομοίωσης για 2014-2113 στην υπολεκάνη «Αλυκή».....	114
<b>Πίνακας 5.3.</b> Αποτελέσματα Προσομοίωσης για 2114-2213 στην υπολεκάνη «Αλυκή».....	114
<b>Πίνακας 5.4.</b> Αποτελέσματα απορροής στην υπολεκάνη «Γομάτι».....	115
<b>Πίνακας 5.5.</b> Αποτελέσματα Προσομοίωσης για 2014-2113 στην υπολεκάνη «Γομάτι» .....	117
<b>Πίνακας 5.6.</b> Αποτελέσματα Προσομοίωσης για 2114-2213 στην υπολεκάνη «Γομάτι» .....	117

<b>Πίνακας 5.7.</b> Αποτελέσματα απορροής στη υπολεκάνη «Πολιόχνη» .....	118
<b>Πίνακας 5.8.</b> Αποτελέσματα Προσομοίωσης για 2014-2113 στη λεκάνη «Πολιόχνη» .....	120
<b>Πίνακας 5.9.</b> Αποτελέσματα Προσομοίωσης για 2114-2213 στη λεκάνη «Πολιόχνη» .....	120
<b>Πίνακας 5.10.</b> Αποτελέσματα απορροής (MAR) στην υπολεκάνη «Ραγκαβά».....	121
<b>Πίνακας 5.11.</b> Αποτελέσματα Προσομοίωσης για 2014-2113 στην υπολεκάνη «Ραγκαβά» .....	123
<b>Πίνακας 5.12.</b> Αποτελέσματα Προσομοίωσης για 2114-2213 στην υπολεκάνη «Ραγκαβά» .....	123
<b>Πίνακας 5.13.</b> Αποτελέσματα απορροής (MAR) στην υπολεκάνη «Φράγατος Κοντιά» .....	124
<b>Πίνακας 5.14.</b> Αποτελέσματα Προσομοίωσης για 2014-2113 στην υπολεκάνη «Φράγατος Κοντιά».....	126
<b>Πίνακας 5.16.</b> Αποτελέσματα απορροής (MAR) στην υπολεκάνη «Χαβούλη» .....	127
<b>Πίνακας 5.17</b> Αποτελέσματα Προσομοίωσης για 2014-2113 στην υπολεκάνη «Χαβούλη» .....	129
<b>Πίνακας 5.18</b> Αποτελέσματα Προσομοίωσης για 2114-2213 στην υπολεκάνη «Χαβούλη» .....	129

## ΣΧΗΜΑΤΑ

<b>Σχήμα 1.1:</b> Η διαίρεση της Ελλάδας σε 14 υδατικά διαμερίσματα .....	14
<b>Σχήμα 2.1.</b> Διαγραμματική απεικόνιση των απαιτούμενων σταδίων για την εφαρμογή της Οδηγίας.....	30
<b>Σχήμα 2.2.</b> Οργανωτικό και διοικητικό σύστημα υδατικής πολιτικής .....	32
<b>Σχήμα 3.1.</b> Εποχιακή κατανομή βροχοπτώσεων.....	42
<b>Σχήμα 3.3.</b> Ομβροθερμικό διάγραμμα Σταθμού Λήμνου .....	43
<b>Σχήμα 3.4</b> κλιματόγραμμα του Emberger.....	45
<b>Σχήμα 3.5.</b> Καλλικρατικές Δημοτικές Ενότητες Δήμου Λήμνου.....	49
<b>Σχήμα 3.6.</b> Διάγραμμα πληθυσμιακής ανάπτυξης της Λήμνου.....	50
<b>Σχήμα 3.7.</b> Γεωλογικός χάρτης Λήμνου .....	54
<b>Χάρτης 3.8.</b> Γεωλογικός Χάρτης της Λήμνου .....	55
<b>Σχήμα 4.1.</b> Υπολεκάνης Απορροής Γομάτι .....	63
<b>Σχήμα 4.2</b> Υπολεκάνης Απορροής Φράγματος Κοντιά .....	64
<b>Σχήμα 4.3.</b> Υπολεκάνης Απορροής Πολιόχνης (Λεκάνη Απορροής Κεντρικής Λήμνου) .....	65
<b>Σχήμα 4.4.</b> Υπολεκάνης Απορροής Ραγκαβά (Λεκάνη Απορροής Δυτικής Λήμνου).....	66
<b>Σχήμα 4.5.</b> Λεκάνης Απορροής Χαβούλη (Λεκάνη Απορροής Νοτιοανατολικής Λήμνου) .....	67
<b>Σχήμα 4.6.</b> Υπολεκάνης Απορροής Αλυκή (Λεκάνη Απορροής Ανατολικής Λήμνου .....	68
<b>Σχήμα 4.7.</b> Υδρογράφημα συνολικής απορροής.....	69
<b>Σχήμα 4.8.</b> Σχηματική παράσταση των συνιστωσών της απορροής.....	70
<b>Σχήμα 4.9.</b> Α. Σταθμήμετρο, Β. Σταθμηγράφος και Γ. Τυπική καμπύλη στάθμης-παροχής .....	72
<b>Σχήμα 4.10.</b> Γραφική απεικόνιση ετήσιας βάσης μοντέλο βροχής-απορροής .....	74
<b>Σχήμα 4.11.</b> Σχηματική αναπαράσταση του Συστήματος Διαχείρισης και Επεξεργασίας Χρονοσειρών «Υδρογνώμων».....	77
<b>Σχήμα 4.12.</b> Μέσες μηνιαίες τιμές της συνθετικής χρονοσειράς ύψους βροχής (μπλε) και της ιστορικής χρονοσειράς (κόκκινο) – παρουσιάζεται το υδρολογικό έτος.....	86
<b>Σχήμα 4.14.</b> Μέσες μηνιαίες τιμές της συνθετικής χρονοσειράς μέγιστης θερμοκρασίας (μπλε) και της ιστορικής χρονοσειράς (κόκκινο) – παρουσιάζεται το υδρολογικό έτος (ΟΚΤ – ΣΕΠ).....	87
<b>Σχήμα 4.15.</b> Τυπική απόκλιση μηνιαίων των τιμών της συνθετικής χρονοσειράς μέγιστης θερμοκρασίας (μπλε) και της ιστορικής χρονοσειράς (κόκκινο) – παρουσιάζεται το υδρολογικό έτος (ΟΚΤ – ΣΕΠ) .....	88
<b>Σχήμα 4.17.</b> Τυπική απόκλιση μηνιαίων ελαχίστων θερμοκρασιών των τιμών της συνθετικής χρονοσειράς (μπλε) και της ιστορικής χρονοσειράς (κόκκινο) – παρουσιάζεται το υδρολογικό έτος (ΟΚΤ – ΣΕΠ) .....	89
<b>Σχήμα 4.18.</b> Γενική αναπαράσταση μοντέλου (Τσακίρης, 1995).....	90
<b>Σχήμα 4.19.</b> Ταξινόμηση Μοντέλων.....	92
<b>Σχήμα 4.20.</b> Σχηματική αναπαράσταση του μοντέλου του απλού υδατικού ισοζυγίου. ....	94
<b>Σχήμα 4.21.</b> Υπολογισμός Εξατμισοδιαπνοής με τη χρήση του λογισμικού DrinC και τη μέθοδο Hardgreeves. ....	100
<b>Σχήμα 4.22.</b> Παράθυρο εισόδου δεδομένων του προγράμματος Medbasin .....	103
<b>Σχήμα 4.23.</b> Δομή του ‘μενού’ του προγράμματος Medbasin.....	104
<b>Σχήμα 5.1:</b> Καμπύλη Στάθμης – Όγκου Νερού Ταμιευτήρα Υπολεκάνης Αλυκής	113

<b>Σχήμα 5.2:</b> Καμπύλη Επιφανείας Καθρέπτη – Ωφέλιμου Όγκου Νερού Ταμιευτήρα Υπολεκάνης Αλυκής.....	113
<b>Σχήμα 5.3:</b> Καμπύλη Στάθμης – Όγκου Νερού Ταμιευτήρα Υπολεκάνης Γομάτι..	116
<b>Σχήμα 5.4:</b> Καμπύλη Επιφανείας Καθρέπτη – Ωφέλιμου Όγκου Νερού Ταμιευτήρα Υπολεκάνης Γομάτι .....	116
<b>Σχήμα 5.5:</b> Καμπύλη Στάθμης – Όγκου Νερού Ταμιευτήρα Υπολεκάνης Πολιόχνη .....	119
<b>Σχήμα 5.6:</b> Καμπύλη Επιφάνειας Καθρέπτη – Ωφέλιμου Όγκου Νερού Ταμιευτήρα Υπολεκάνης Πολιόχνη.....	119
<b>Σχήμα 5.7:</b> Καμπύλη Στάθμης – Όγκου Νερού Ταμιευτήρα Υπολεκάνης Ραγκαβά .....	122
<b>Σχήμα 5.8:</b> Καμπύλη Επιφάνειας Καθρέπτη – Ωφέλιμου Όγκου Νερού Ταμιευτήρα Υπολεκάνης Ραγκαβά .....	122
<b>Σχήμα 5.9:</b> Καμπύλη Στάθμης – Όγκου Νερού Ταμιευτήρα Υπολεκάνης Φράγματος Κοντιά.....	125
<b>Σχήμα 5.10:</b> Καμπύλη Επιφάνειας Καθρέπτη – Ωφέλιμου Όγκου Νερού Ταμιευτήρα Φράγματος Κοντιά.....	125
<b>Σχήμα 5.11:</b> Καμπύλη Στάθμης – Όγκου Νερού Ταμιευτήρα Υπολεκάνης Χαβούλη .....	128
<b>Σχήμα 5.12:</b> Καμπύλη Επιφάνειας Καθρέπτη – Ωφέλιμου Όγκου Νερού Ταμιευτήρα Υπολεκάνης Χαβούλη .....	128

## Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Τσακίρη Γεώργιο, για την εμπιστοσύνη που μου επέδειξε στην ανάθεση του θέματος καθώς και για την καθοδήγηση του και την άψογη συνεργασία μας καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνηση της.

Θερμότερες ευχαριστίες στον υποψήφιο διδάκτωρες κ. Τίγκα Δημήτριο και Μπέλλο Βασίλειο ο οποίοι με την πολύτιμη εμπειρία τους, συνετέλεσαν στην ποιοτική αναβάθμισή της.

Ευχαριστώ ακόμη τα αξιότιμα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, κ. Γιακουμάκη Σπύρο Επίκουρο Καθηγητή και κ. Ναλμπάντη Ιωάννη Επίκουρο Καθηγητή, για την αξιολόγηση και τον έλεγχο της διπλωματικής μου εργασίας.

Κλείνοντας, νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω φίλους, συνεργάτες και συναδέλφους που με στήριξαν κατά την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας καθώς και σε όλη την ακαδημαϊκή και επαγγελματική διαδρομή μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την αναζήτηση κατάλληλων θέσεων για τη χωροθέτηση έργων (μικρών ταμιευτήρων) αξιοποίησης του επιφανειακού υδατικού δυναμικού στη νήσο Λήμνο, που χωρικά ανήκει στο βορειοανατολικό Αιγαίο, καθώς και την διατύπωση διαχειριστικών σεναρίων, ώστε να εξοικονομηθούν υδατικοί πόροι και να περιοριστεί το έλλειμμα ικανοποίησης της ζήτησης.

Με βάση τις υφιστάμενες γεωμορφολογικές συνθήκες, καθορίστηκαν έξι υδρολογικές λεκάνες και αφού συγκεντρώθηκαν χάρτες και μετεωρολογικά στοιχεία για τις υπό εξέταση περιοχές, ορίστηκαν τα όρια τους, αναλύθηκαν μορφομετρικά και όλα τα μετεωρολογικά στοιχεία ανάχθηκαν σε πρόβλεψη χιλιετίας, ώστε να αναφέρονται ρεαλιστικότερα σε αυτήν.

Αναγκαίως ήταν ο υπολογισμός της εξάτμισης και της εξατμισοδιαπνοής των υδρολογικών λεκανών, ώστε να βαθμονομηθεί στη συνέχεια ένα μοντέλο βροχής – απορροής. Επειδή ο όγκος των ιστορικών δεδομένων δεν ήταν αρκετός για ασφαλείς εκτιμήσεις, τα στοιχεία αυτά επεκτάθηκαν με την δημιουργία συνθετικής χρονοσειράς διάρκειας 1000 ετών. Η διαδικασία προέβλεπε αρχικά την επέκταση των δεδομένων βροχοπτώσεων βάσει των στατιστικών τους χαρακτηριστικών και, στη συνέχεια, μετατροπή τους σε δεδομένα απορροής σύμφωνα με το παραπάνω μοντέλο.

Τα δεδομένα της συνθετικής απορροής χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση του Θεωρητικού Υδατικού Δυναμικού των λεκανών, ενώ για την εκτίμηση του Εκμεταλλεύσιμου Επιφανειακού Υδατικού Δυναμικού, που αποτελεί και το καθοριστικότερο μέγεθος και είναι το τελικά ζητούμενο της διπλωματικής εργασίας, θεωρήθηκε φράγμα στις εξόδους των λεκανών και προσομοιώθηκε η λειτουργία του ταμιευτήρα που αυτό δημιουργεί. Τα τελικά αποτελέσματα δίνονται για διάφορες τιμές αξιοπιστίας.



## **ABSTRACT**

This thesis deals with the search for suitable locations for sitting projects (small reservoirs) utilization of surface water resources on the island of Lemnos, which belongs to the territorial northeastern Aegean and the formulation of management scenarios, so as to save water resources and reduce the deficit meet demand.

With current geomorphological conditions, established six basins and collected as maps and weather data for the test areas, their boundaries defined, morphometrical analyzed and all meteorological data were reduced in anticipation millennium to refer to it more realistic.

Was necessary to calculate the evaporation and evapotranspiration catchment, in order to calibrate then a rainfall - runoff model. Because the volume of historical data was not sufficient to secure estimates, the data were extended to generate synthetic time series lasting 1000 years. The procedure consisted of initially expanding rainfall data based on statistical characteristics and then converting them into data basin according to the above model.

The synthetic runoff data used to estimate the theoretical Water Resources of the Basin, while the estimate of exploitable Surface Water Resources, which is the decisive size and is the final aim of the thesis, was a dam at the exit of the river and outputs the simulated operation of the reservoir that it creates. The final results are given for different values of reliability.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Γενικά

Η Διεθνής Διάσκεψη του Δουβλίνου για το Νερό και το Περιβάλλον και η Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών στο Ρίο για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, που αμφότερες έλαβαν χώρα το 1992, αναγνώρισαν την καθοριστική σημασία του νερού για την ύπαρξη της ζωής, τη διατήρηση του περιβάλλοντος και την προώθηση της ανάπτυξης (Agarwal et al., 2000).

Το νερό αποτελεί το κύριο συστατικό των ιστών των έμβιων οργανισμών και η τακτική πρόσληψή του είναι αναγκαία για τη διατήρηση των οργανισμών στη ζωή. Η παρουσία του νερού σε αφθονία δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη της βλάστησης, τη συγκέντρωση μεγάλων πληθυσμών ζώων και την αποδοτική ανάπτυξη καλλιεργειών. Ακόμη και το αλμυρό νερό, των θαλασσών και των ωκεανών, φιλοξενεί τεράστιο πλήθος οργανισμών. Το νερό συνδέεται στενά με την παραγωγή τροφής και η έλλειψή του έχει ουσιώδη κοινωνικό αντίκτυπο. Η εξασφάλιση πηγών τροφής και ενέργειας αποτελούν βασικές προϋποθέσεις για τη βιωσιμότητα και την άνθηση μιας κοινωνίας, καθώς πλήθος κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων βρίσκονται σε αλληλεξάρτηση με το νερό. Η βιομηχανία, ο τουρισμός, το εμπόριο, η ναυσιπλοΐα αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα. Συνεπώς, η παρατεταμένη έλλειψη νερού μπορεί να δράσει ανασταλτικά για την ανάπτυξη και την ευημερία μιας κοινωνίας.

Το νερό έχει στενή σύνδεση με την παραγωγή ενέργειας. Με την παρεμβολή κατάλληλων διατάξεων η μηχανική ενέργεια του νερού μετατρέπεται σε ηλεκτρική ή και το αντίστροφο. Τεράστιες ποσότητες ενέργειας μπορούν επίσης να προκύψουν από την αξιοποίηση της ενέργειας των κυμάτων, των ρευμάτων και των παλιρροιών. Συμμετέχει ακόμη καθοριστικά, στη διαδικασία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από πυρηνικά καύσιμα.

Η Διεθνής Διάσκεψη του Δουβλίνου για το Νερό και το Περιβάλλον και η Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών στο Ρίο για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη διακήρυξαν πως, σε όλες τις ανταγωνιστικές χρήσεις του, το νερό πρέπει να αντιμετωπίζεται ως οικονομικό αγαθό. Αυτή η αντιμετώπιση διασφαλίζει την ιεράρχηση στη διανομή του

και, μέσω αυτής, τη μεγιστοποίηση της ωφέλειας από την αξιοποίησή του (Agarwal et al., 2000).

Το νερό έχει και τρίτη διάσταση, την περιβαλλοντική, καθώς μπορεί να θεωρηθεί ως ο ρυθμιστής του κλίματος της γης. Καλύπτοντας το μεγαλύτερο μέρος του φλοιού της γης είτε με τη μορφή ωκεανών είτε με τη μορφή χερσαίων υδάτινων σωμάτων, απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της ακτινοβολίας που φθάνει στη γήινη επιφάνεια, με αποτέλεσμα να θερμαίνεται. Η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στην επιφάνεια της θάλασσας και την επιφάνεια της ξηράς ρυθμίζει την κυκλοφορία του αέρα και συνδιαμορφώνει το κλιματικό προφίλ της περιοχής.

## **1.2 Γενικές Αρχές Διαχείρισης Υδατικών Πόρων**

Το νερό είναι ένας ανανεώσιμος φυσικός πόρος, ο οποίος εντοπίζεται σε διάφορες μορφές (νερό ωκεανών, θαλασσών, ατμόσφαιρας, χιονιού, παγετώνων, παγόβουνων, λιμνών, ποταμών, ελών, νερό της εδαφικής ζώνης, το υπόγειο και το επεξεργασμένο νερό από Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων). Είναι χρήσιμο να οριοθετήσουμε την έννοια των υδατικών πόρων, ως υποσύνολο της συνολικής ποσότητας του παγκόσμιου νερού. Σύμφωνα με το Νόμο 1739/1987 του ΥΒΕΤ, ως υδατικοί πόροι ορίζονται τα επιφανειακά και τα υπόγεια ύδατα, ανεξάρτητα από την ποιότητα και την προέλευση που έχουν ή τη χρήση για την οποία προορίζονται. Να σημειωθεί ότι ο νόμος αποκλείει το θαλασσινό νερό από τους υδατικούς πόρους. Ωστόσο, αν λάβουμε υπόψη τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα, τότε το θαλασσινό νερό που υφίσταται αφαλάτωση μπορεί να θεωρηθεί υδατικός πόρος.

Επιπλέον, ο Νόμος 1739/1987 εισήγαγε για πρώτη φορά στην Ελλάδα την έννοια της διαχείρισης υδατικών πόρων, που ορίστηκε ως το σύστημα των μέτρων και δραστηριοτήτων που είναι απαραίτητα για την πλησιέστερη δυνατή κάλυψη των αναγκών σε νερό για κάθε χρήση' και κατά κύριο λόγο:

- ✓ η διευθέτηση της φυσικής προσφοράς του νερού, σε σχέση με τη ζήτησή του, σε περιοχές που υπάρχει έλλειψη ή προβλέπεται περιοδική ή οριστική εξάντλησή του.

- ✓ η πρόνοια για την πρόληψη απωλειών νερού και για την κατά το δυνατό αξιοποίηση πλεονασμάτων που μπορεί να προκαλέσουν ζημιές ή βλάβες εξαιτίας πλημμυρών ή άλλων αιτιών.
- ✓ η αντιμετώπιση των σημερινών ή και μελλοντικών ανοιγμάτων ανάμεσα στην προσφορά και στη ζήτηση του νερού.
- ✓ η αποφυγή ή εξομάλυνση των συγκρούσεων ανάμεσα σε όμοιες ή ανταγωνιστικές χρήσεις.
- ✓ ο προσανατολισμός της ζήτησης στις χρήσεις νερού, στις οποίες αποβλέπουν τα προγράμματα ανάπτυξης της χώρας.
- ✓ η διατήρηση της υψηλότερης δυνατής ποιότητας νερού σε σχέση με την κατά προορισμό χρήση του.
- ✓ ο συντονισμός των δραστηριοτήτων έρευνας, αξιοποίησης, χρήσης και προστασίας των υδατικών πόρων.”

Ο Νόμος 1739/1987 του ΥΒΕΤ μπορεί να θεωρηθεί ολοκληρωμένος και σύγχρονος για την εποχή του, καθώς αντανακλούσε την αυξανόμενη ανησυχία σε παγκόσμιο επίπεδο για ζητήματα, όπως η βιώσιμη ανάπτυξη και η ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων, και εξέφραζε τις επιστημονικές αντιλήψεις της εποχής. Έκτοτε, όμως, το ζήτημα της διαχείρισης των υδατικών πόρων έχει εξελιχθεί ενσωματώνοντας νέες ιδέες και αντιλήψεις, όπως είναι η αποκαλούμενη “ολοκληρωμένη προσέγγιση στη διαχείριση και την ανάπτυξη των υδατικών πόρων”. Στα πλαίσια της ΕΕ, σημείο καμπής θεωρείται η Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60/ΕΚ, η οποία κατέστησε ως πρότυπο διαχείρισης των υδατικών πόρων την ολοκληρωμένη διαχείριση σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού. Τα ζητήματα της ολοκληρωμένης διαχείρισης και της ευρωπαϊκής Οδηγίας Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ αναπτύσσονται εκτενέστερα στα εδάφια 1.2.1 και 1.2.2. Ο Νόμος 1739/1987 προέβλεπε, ανάμεσα στα άλλα, την υποχρέωση κατάρτισης και έγκρισης προγραμμάτων ανάπτυξης των υδατικών πόρων της χώρας από το ΥΒΕΤ. Στόχος αυτών των προγραμμάτων ήταν η εναρμόνιση των διαφορετικών τομεακών πολιτικών, η εξασφάλιση της συμπληρωματικότητας των έργων κάθε τομέα δραστηριότητας, ο υπολογισμός του κόστους λειτουργίας τους, η ιεράρχηση και ο

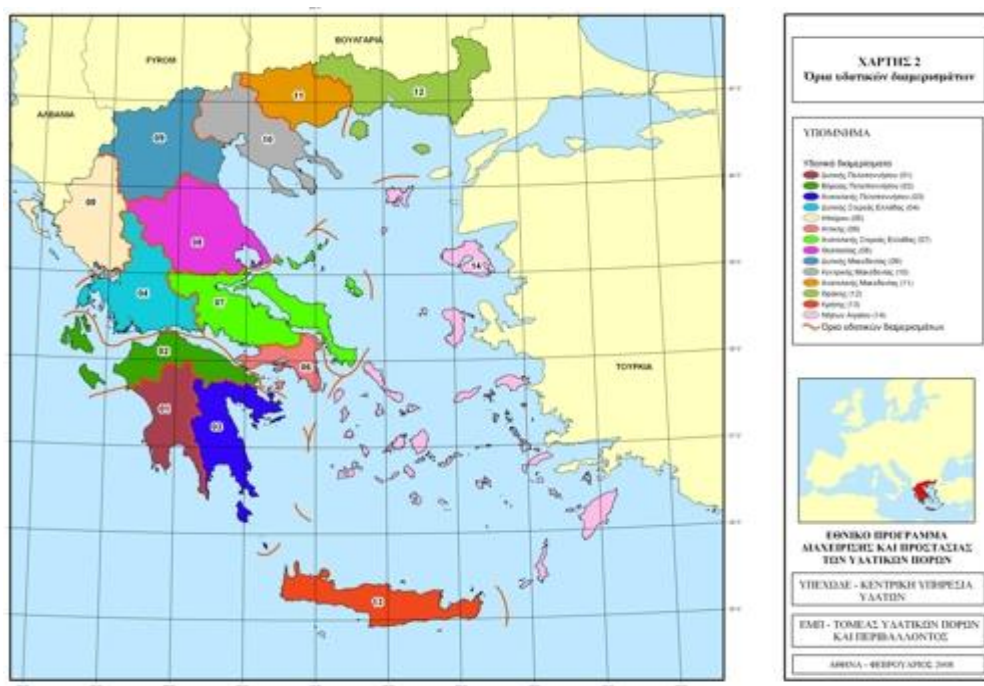
αναπτυξιακός προσανατολισμός της έρευνας κ.α. Μέσω του Β' και Γ' ΚΠΣ (1995-2006) το ΥΠΑΝ επιχείρησε να καταρτίσει ένα πρώτο Σχέδιο Προγράμματος Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων, το οποίο δημοσιεύτηκε τον Ιανουάριο του 2003. Στη συνέχεια, το ΥΠΕΧΩΔΕ ανέθεσε στον Τομέα Υδατικών Πόρων του ΕΜΠ την υποστήριξη της Κεντρικής Υπηρεσίας Υδάτων στη κατάρτιση του Εθνικού Προγράμματος Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, που κατά βάση επικαιροποίησε την προηγούμενη μελέτη του ΥΠΑΝ. Η σχετική μελέτη δημοσιεύτηκε το Φεβρουάριο του 2008 (Κουτσογιάννης κ.α., 2008).

Σύμφωνα με το Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων της χώρας (Κουτσογιάννης κ.α., 2008), η κατάσταση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα παρουσιάζει συνοπτικά την παρακάτω εικόνα. Αφενός, το ολικό υδατικό δυναμικό υπερβαίνει σημαντικά την ποσότητα του νερού που απαιτείται για την κάλυψη των διαφόρων χρήσεων. Αφετέρου, μόνο μικρό ποσοστό αυτού του δυναμικού είναι αξιοποιήσιμο τεχνικά και οικονομικά. Επιπλέον, διάφοροι παράγοντες ασκούν δυσμενή επίδραση στην πραγματική διαθεσιμότητα του νερού. Τέτοιοι είναι η ανομοιόμορφη κατανομή της προσφοράς και της ζήτησης του νερού στο χώρο και στο χρόνο (χωρίς να συμβαδίζουν μεταξύ τους), η γεωμορφολογία της χώρας (έντονο ανάγλυφο, περιορισμένη ενδοχώρα, κατακερματισμός του χώρου σε πολλές μικρές λεκάνες απορροής, μεγάλη ακτογραμμή), η εξάρτηση της βόρειας Ελλάδας από νερά διακρατικών ποταμών (πχ. Έβρος, Νέστος, Στρυμόνας), ο μεγάλος αριθμός άνυδρων νησιών. Όλα τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα μείζονες περιοχές να παρουσιάζουν, ή να κινδυνεύουν να εμφανίσουν, ελλειμματικό ισοζύγιο νερού. Έτσι, για να καλυφθεί η ζήτηση, έχουν κατασκευαστεί κοστοβόρα έργα μεταφοράς νερού από απομακρυσμένες περιοχές. Για παράδειγμα, η ύδρευση της Αθήνας εξυπηρετείται με νερό προερχόμενο από τους ποταμούς Εύηνο και Μόρνο.

Αναφορικά με το σκέλος της ποιότητας, σημειώνεται ότι τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα της ελληνικής επικράτειας παρουσιάζουν σαφή επιδείνωση σε σχέση με το παρελθόν. Πάντως, εκτός από μεμονωμένες περιοχές, η ποιότητά τους παραμένει εν γένει εντός των θεσμοθετημένων ορίων. Οι γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες, τα βιομηχανικά απόβλητα, τα αστικά λύματα, τα αστικά απορρίμματα και η μακροχρόνια έλλειψη παρακολούθησης και παρεμβάσεων από την πλευρά της πολιτείας έχουν οδηγήσει σε υφαλμύριση των υπόγειων υδάτων σε

παράκτιες περιοχές, σε φαινόμενα νιτρο-ρύπανσης και οργανικής επιβάρυνσης σε αγροτικές περιοχές και σε ρύπανση με βαρέα μέταλλα (πχ. χρώμιο) σε περιοχές με βιομηχανική δραστηριότητα. Τα υδάτινα σώματα με τα περισσότερα προβλήματα είναι οι ποταμοί Ασωπός, Πηνειός Θεσσαλίας, Αξιός, Τιταρήσιος, Κόσυνθος και Έβρος, οι λίμνες Κορώνεια και Βιστωνίδα και οι υπόγειοι υδροφορείς Κωπαΐδας, Αργολικού πεδίου, Πηνειού Ηλείας και Θεσσαλικής πεδιάδας.

Για την αποτελεσματική παρακολούθηση του καθεστώτος των υδατικών πόρων μιας χώρας και για την οργάνωση των σχετικών πολιτικών προστασίας, διαχείρισης και ανάπτυξης είναι απαραίτητη η δημιουργία της κατάλληλης διοικητικής και επιτελικής δομής. Με το Νόμο 3199/2003, που ενσωμάτωσε την κοινοτική οδηγία 2000/60/ΕΚ, ιδρύθηκε η Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων. Επιπλέον, ιδρύθηκαν η Εθνική Επιτροπή Υδάτων, το Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων, οι Περιφερειακές Διευθύνσεις Υδάτων και το Περιφερειακό Συμβούλιο Υδάτων. Επίσης, ήδη με το Νόμο 1739/1987, θεσμοθετήθηκε η διαίρεση της χώρας σε 14 υδατικά διαμερίσματα, δηλαδή ομάδες λεκανών απορροής με σχεδόν όμοιες υδρολογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες.



**Σχήμα 1.1:** Η διαίρεση της Ελλάδας σε 14 υδατικά διαμερίσματα

Πηγή: (Κουτσογιάννης κ.ά., 2008)

Τα 14 υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας φαίνονται στο Σχήμα 1.1 και είναι τα εξής: Δυτικής Πελοποννήσου, Ανατολικής Πελοποννήσου, Βόρειας Πελοποννήσου, Δυτικής Στερεάς Ελλάδος, Ηπείρου, Αττικής, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας και Εύβοιας, Θεσσαλίας, Δυτικής Μακεδονίας, Κεντρικής Μακεδονίας, Ανατολικής Μακεδονίας, Θράκης, Κρήτης και Νησιών Αιγαίου. Ακόμη, αξίζει να προστεθεί ότι με τη συνεργασία διάφορων δημόσιων φορέων έχουν καταρτισθεί εθνικές βάσεις δεδομένων (πχ. ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ, ΕΤΥΜΠ, ΕΔΠΠ).

### **1.3 Αντικειμενικός Σκοπός της Εργασίας**

Η νήσος Λήμνος ανήκει στο υδατικό διαμέρισμα των Νήσων Αιγαίου (GR14), το οποίο περιλαμβάνει τα νησιωτικά συγκροτήματα των Νομών Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Λέσβου, Σάμου και Χίου, εκτός από τη Μακρόνησο και τα Κύθηρα. Σύμφωνα με στοιχεία προγραμματισμού του ΠΕΠ του ΕΣΠΑ 2007-2013 της Περιφέρειας Β. Αιγαίου, στα νησιά υπάρχει μείωση των γεωργικών εκτάσεων κατά 15% την τελευταία δεκαπενταετία, με επακόλουθο τη πτωτική τάση της γεωργικής δραστηριότητας στα νησιά γεγονός που οφείλεται μεταστροφή των κατοίκων στις τουριστικές δραστηριότητες οι οποίες αποδίδουν μεγαλύτερο κέρδος, γεγονός που ενισχύεται τόσο από την έλλειψη υδατικών πόρων, όσο και από την ηλικιακή ανανέωση του πληθυσμού. Αξιοσημείωτο είναι να αναφερθεί το γεγονός ότι είναι εξαιρετικά ελλιπής η οργανωμένη άρδευση ιδιαίτερα στη Μυτιλήνη, στη Λήμνο, στη Σάμο και στη Ρόδο.

Πέραν της τουριστικής δραστηριότητας στα νησιά του Αιγαίου η κτηνοτροφία δεν αποτελεί σημαντική οικονομική δραστηριότητα, εξαιρουμένου των νησιών της Λήμνου, της Κάσου, της Νάξου και εν μέρει της Λέσβου, με συνέπεια οι υδατικές της απαιτήσεις να είναι κάτω από το 5% του συνόλου της περιοχής. Επιπλέον η βιομηχανία/βιοτεχνική χρήση είναι εξαιρετικά περιορισμένη και δεν ξεπερνά το 2% της υδατικής απαίτησης. Τόσο η κτηνοτροφία όσο και η βιομηχανική δραστηριότητα δεν αναμένεται να αυξηθούν στα επόμενα χρόνια (Μίχας κ.α., 2008· Κουτσογιάννη κ.α., 2008).

Αξιοσημείωτο είναι να αναφερθεί το γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια η αυξητική τάση των υδρευτικών αναγκών είναι πολύ μεγάλη και έχουν επεκταθεί θεαματικά τα έργα υδροληψίας (νέες γεωτρήσεις, αφαλατώσεις, μεταφερόμενες ποσότητες), ενώ ταυτόχρονα δεν υπάρχει σε κανένα επίπεδο (περιορισμός απωλειών, τιμολογιακή

πολιτική, ευαισθητοποίηση των πολιτών, σχεδιασμός έργων κ.λ.π.) διαχειριστική πολιτική μείωσης της υδρευτικής ζήτησης. Η αύξηση υπερβαίνει το 15% και έχει διαρκώς περαιτέρω αυξητική τάση. Αντίστοιχα σημαντική είναι και η συνολική ζήτηση άρδευσης, η οποία αποτελεί περισσότερο από το 50% των σημερινών αναγκών των νησιών. Η ζήτηση για άρδευση είναι μεν γενικά σταθερή και δεν έχει αυξητικές τάσεις, αλλά είναι και στην πλειοψηφία της ανεξέλεγκτη, με αποτέλεσμα να μην είναι σήμερα δυνατή η εφαρμογή ολοκληρωμένης διαχειριστικής πολιτικής (Μίχας κ.α., 2008). Σήμερα η εξυπηρέτηση των νήσων ως προς τις ανάγκες τους σε νερό γίνεται ως επί το πλείστον από τα διαθέσιμα υπόγεια αποθέματα, μέσω γεωτρήσεων κυρίως, πηγών όπου υπάρχουν, φραγμάτων και λιμνοδεξαμενών.

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται χωρικά στο Βόρειο Αιγαίο και ειδικότερα στη νήσο Λήμνο. Αντικείμενο της εργασίας, είναι η εκτίμηση του επιφανειακού υδατικού δυναμικού της περιοχής μελέτης, με τη χρήση των παρακάτω λογισμικών:

- Hydrognomon – υποπρόγραμμα Castalia για την δημιουργία συνθετικών χρονοσειρών 1000 ετών, για τα μετεωρολογικά δεδομένα (Ύψος Βροχόπτωσης P, Ελάχιστη Θερμικताσία min T, Μέγιστη Θερμοκρασία) max T).
- Drinc, για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής (PET) 100 ετών.
- Medbasin, για τον υπολογισμό του μέσου ετήσιου ύψους απορροής (MAR-Mean Annual Runoff) 100 ετών.
- Προσομοίωση του E.E.Y.Δ. για τις έξι λεκάνες απορροής, με χρήση ταμιευτήρα.

#### **1.4 Στόχοι εργασίας**

Η εργασία αυτή έχει ως πρωταρχικούς στόχους:

- Την αναζήτηση κατάλληλων θέσεων για χωροθέτηση έργων αξιοποίησης επιφανειακού υδατικού δυναμικού.
- Την διατύπωση διαχειριστικών σεναρίων, ώστε να εξοικονομηθούν υδατικοί πόροι και να περιοριστεί το έλλειμμα ικανοποίησης της ζήτησης.
- Την ενημέρωση των τοπικών φορέων, για την δυνατότητα εκμετάλλευσης του επιφανειακού υδατικού δυναμικού του νησιού με την κατασκευή μικρών



ταμειυτήρων, καθώς και την υποβολή ςχετικής πρότασης σε επικείμενο διαχειριςτικό ςχέδιο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

### 2.1. Ιστορική Αναδρομή Θεσμικού Πλαισίου

Μέχρι τη δεκαετία του '80 υπήρχε μια σειρά από νόμους, διατάγματα και διοικητικές αποφάσεις, ιδρυτικούς νόμους και οργανισμούς υπουργείων και φορέων που αφορούσαν την αξιοποίηση, χρήση και προστασία των υδατικών πόρων. Ο αριθμός αυτών των νομοθετικών ρυθμίσεων υπολογίζεται σε πάνω από 300, και τα βασικά χαρακτηριστικά τους ήταν (Κουτσογιάννη κ.α., 2008):

- η προσπάθεια προώθησης των θέσεων των φορέων που τις έχουν εκδώσει
- η αποσπασματική αντιμετώπιση των τομεακών προβλημάτων
- η απουσία προσέγγισης των σημερινών προβλημάτων
- η σχετική υποβάθμιση της ποιοτικής διάστασης της διαχείρισης
- η μη δρομολόγηση συντονισμένων και συστηματικών προγραμμάτων απόκτησης και αξιολόγησης δεδομένων πεδίου, απαραίτητων για την ουσιαστική εφαρμογή τους
- η έλλειψη πρόβλεψης οργάνων παρακολούθησης και εξειδίκευσης της εφαρμογής τους
- η απουσία σύνδεσης και εναρμόνισης με τις αναπτυξιακές επιδιώξεις παραγωγικών τομέων και περιοχών της χώρας
- η έλλειψη πρόβλεψης και προοπτικής για το μέλλον
- η καθυστέρηση κάλυψης υποχρεώσεων που απορρέουν από την εφαρμογή κοινοτικών οδηγιών.

Ένα όμως από τα σοβαρότερα προβλήματα εφαρμογής των οδηγιών αυτών ήταν η έλλειψη ολοκληρωμένης και αποτελεσματικής παρακολούθησης και ελέγχου καθώς και η επιβολή των απαραίτητων κυρώσεων στους μη ακολουθούντες του νομοθετικού πλαισίου.

Στα μέσα περίπου της δεκαετίας του '80, ψηφίστηκαν δύο νομοθετήματα με σύγχρονο πνεύμα, τα οποία εφαρμόζονται συμπληρωματικά, και διακρίνονται για την

διατομεακή τους αντίληψη και την ολοκληρωμένη αντιμετώπιση των υδατικών πόρων. Ειδικότερα ο Ν. 1650/1986 «για την προστασία του περιβάλλοντος» αντιμετώπισε το νερό ως στοιχείο του περιβάλλοντος και προέβλεπε μέτρα οργανωτικά και θεσμικά για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της ποιότητας των υδατικών πόρων. Παράλληλα, ο Ν. 1739/1987 «για τη διαχείριση των υδατικών πόρων» εισήγαγε σύγχρονη αντίληψη για την αντιμετώπιση του νερού στην έρευνα, τη διοίκηση και την καθημερινή πρακτική, με τη θεσμοθέτηση διαδικασιών και οργάνων που επέτρεπαν την άσκηση της διαχείρισης σε εθνικό και κυρίως σε περιφερειακό επίπεδο, σε συνδυασμό με τον προγραμματισμό ανάπτυξης της χώρας, μέσα από διαδικασίες και όργανα, στα οποία λαμβάνονταν η γνώμη όλων των εμπλεκόμενων φορέων.

Ένα από τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής αυτών των νομοθετημάτων και της μερικής ακόμα εφαρμογής του Ν. 1739/1987, είναι ότι είχε μεγάλος όφελος τόσο λόγω της δημιουργία δομών όσο και για τη δημιουργία εμπειριών που είναι απαραίτητες προκειμένου να συνειδητοποιήσουν οι χρήστες και όλοι οι εμπλεκόμενοι στον τομέα του νερού την αναγκαιότητα ορθολογικής και προγραμματισμένης διαχείρισης του. Ταυτόχρονα αποκτήθηκε εμπειρία από τις υπηρεσίες του δημόσιου τομέα στην εφαρμογή και παγίωση τέτοιων ρυθμίσεων, καθώς και αντίληψη του είδους και του μέτρου των επεμβάσεων που απαιτούνται και για τη βελτίωσή τους. Τέλος, αποτέλεσε χρήσιμο υπόβαθρο για τα πρώτα στάδια υλοποίησης της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, καθώς και για την κατάρτιση του Ν. 3199/2003, που ψηφίστηκε κατ' εφαρμογή της (Κουτσογιάννη κ.α., 2008).

Ο Ν. 1739/1987 προέβλεπε διάφορες ρυθμίσεις για τα θεσμικά όργανα και τις διαδικασίες που κρίνονται απαραίτητες για την αποτελεσματική διαχείριση των υδατικών πόρων της χώρας, οι οποίες κάλυπταν παράλληλα και απαιτήσεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ. Οι ρυθμίσεις ήταν οι ακόλουθες (Κουτσογιάννη κ.α., 2008).

- Οι προβλεπόμενες από την Οδηγία περιοχές λεκάνης απορροής ποταμού – υδατικά διαμερίσματα έχουν ήδη οριστεί σε εφαρμογή του Ν. 1739/1987 (14 Υδατικά Διαμερίσματα) και έχουν υποβληθεί στην ΕΕ σε εφαρμογή του Άρθρου 3 της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ.

- Οι Περιφερειακές Υπηρεσίες Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, που λειτουργούσαν με χωρική αρμοδιότητα το επίπεδο Υδατικού Διαμερίσματος ή Διαμερισμάτων (Π.Δ. 60/1998), μπορούσαν να αποτελέσουν την αρμόδια αρχή. Οι υπηρεσίες αυτές, σύμφωνα με το Ν. 2503/1997, ήταν δυνατό να τροποποιηθούν, να διευρυνθούν και να περιλάβουν τυχόν πρόσθετες αρμοδιότητες, που απορρέουν από την εφαρμογή της Οδηγίας. Στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανταγωνιστικότητας του ΥΠΑΝ (Γ' ΚΠΣ) είχαν ενταχθεί δράσεις για την υποστήριξη των υποδομών των περιφερειακών υπηρεσιών διαχείρισης υδατικών πόρων, ώστε να ανταποκριθούν στις υποχρεώσεις που απορρέουν από το εθνικό, αλλά και το κοινοτικό θεσμικό πλαίσιο στο πεδίο της πολιτικής υδάτων.
- Η κοστολόγηση του νερού για τις διάφορες χρήσεις, οι περιπτώσεις τιμολόγησής του, καθώς και ο φορέας καθορισμού της τιμής και είσπραξης, καθορίζονται σύμφωνα με το Ν. 1739/1987 (άρθρο 10, παρ. 4).
- Στα πλαίσια της Εθνικής Τράπεζας Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας, του δικτύου παρακολούθησης των υπόγειων νερών της χώρας, του ΕΔΠΠ και άλλων προγραμμάτων που έχουν δρομολογηθεί, δίνονταν η δυνατότητα για λήψη και οργανωμένη καταχώρηση ποσοτικών και ορισμένων ποιοτικών πληροφοριών για τους υδατικούς πόρους της Χώρας. Ωστόσο, η αντιμετώπιση δεν έγινε στο επίπεδο που προβλέπεται από την Οδηγία.
- Τέλος, ο Ν. 1739/1987 είχε θεσμοθετήσει την εκπόνηση σχεδίων διαχείρισης και το Υπουργείο Ανάπτυξης έχει ήδη καταρτίσει δύο πιλοτικά σχέδια διαχείρισης των υδατικών πόρων σε επίπεδο λεκάνης απορροής και υδατικού διαμερίσματος, ενώ ολοκληρώνεται η σύνταξη παρόμοιων σχεδίων για όλα τα υδατικά διαμερίσματα της χώρας, στο πλαίσιο του ΕΠΑΝ του Γ' ΚΠΣ. Ακόμα, η Περιφερειακή Υπηρεσία Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της Κρήτης ολοκλήρωσε το αντίστοιχο σχέδιο για το υδατικό αυτό διαμέρισμα. Παράλληλα, και άλλοι φορείς προχώρησαν στην κατάρτιση σχεδίων διαχείρισης.

Αξιοσημείωτο είναι να αναφερθεί ότι παρ' όλες τις προαναφερθείσες θεσμικές ρυθμίσεις και δράσεις, υπάρχει σοβαρό έλλειμμα σε σχέση με το πνεύμα και τις απαιτήσεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, για το οποίο υπάρχει απόλυτη ανάγκη να καλυφθεί το συντομότερο δυνατό.

Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ, δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων στις 22/12/2000, και σκοπό έχει τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής επί των υδάτων και η υλοποίηση των στόχων της οδηγίας από όλα τα κράτη-μέλη προβλέφθηκε να γίνει με κοινά βήματα σε προκαθορισμένο χρονοδιάγραμμα από το 2002 έως το 2015. Ο βασικότερος στόχος της Οδηγίας είναι η αναβάθμιση και προστασία της ποιότητας των υδατικών πόρων και το πνεύμα της είναι σε μεγάλο βαθμό περιβαλλοντικό. Μεταξύ των βασικών και καινοτόμων αρχών της Οδηγίας είναι η συμμετοχή όλων των ενδιαφερόμενων, μέχρι και τον τελικό χρήστη-καταναλωτή, στη διαχείριση των υδατικών πόρων και η αποτελεσματική εφαρμογή οικονομικών εργαλείων.

## **2.2 Ευρωπαϊκή Οδηγία 2000/60/ΕΚ**

Στα κράτη-μέλη της ΕΕ το κύριο θεσμικό εργαλείο που διέπει τον τομέα του νερού είναι η Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60/ΕΚ. Στην ελληνική νομοθεσία ενσωματώθηκε με το Νόμο 3199/2003 και το σχετικό Προεδρικό Διάταγμα ΠΔ.51/8.3.2007 (Α' 54). Η συγκεκριμένη οδηγία αναφέρεται στα χερσαία επιφανειακά, τα υπόγεια, τα παράκτια και τα μεταβατικά ύδατα. Η βασική της επιδίωξη είναι ο συντονισμός των ευρωπαϊκών πολιτικών προς την κατεύθυνση της προστασίας και της βελτίωσης της κατάστασης των υδάτων στην ευρωπαϊκή επικράτεια. Η κατάσταση των υδάτων εξετάζεται κυρίως υπό το πρίσμα της ποιότητας και λιγότερο σε σχέση με την ποσότητα. Η υλοποίηση της Οδηγίας Πλαίσιο από τα κράτη-μέλη πραγματοποιείται σταδιακά, με βάση προκαθορισμένο χρονοδιάγραμμα, ξεκινώντας από το 2002 και φτάνοντας μέχρι το 2015.

Το κείμενο της οδηγίας θέτει ως στόχους:

- την αποτροπή της περαιτέρω επιδείνωσης, την προστασία και τη βελτίωση της κατάστασης των υδάτινων οικοσυστημάτων, αλλά και των άμεσα εξαρτώμενων από αυτά χερσαίων οικοσυστημάτων και υγροτόπων, σε ότι αφορά τις ανάγκες τους σε νερό.
- την προώθηση της βιώσιμης χρήσης του νερού βάσει μακροπρόθεσμης προστασίας των υδατικών πόρων.

- την ενίσχυση της προστασίας και τη βελτίωση του υδάτινου περιβάλλοντος, μεταξύ άλλων με ειδικά μέτρα για την προοδευτική μείωση των απορρίψεων, εκπομπών και διαρροών ουσιών προτεραιότητας και τη σταδιακή εξάλειψη ή παύση των απορρίψεων, εκπομπών και διαρροών επικίνδυνων ουσιών προτεραιότητας.
- τη διασφάλιση της προοδευτικής μείωσης της ρύπανσης των υπογείων υδάτων και την αποτροπή της περαιτέρω μόλυνσής τους.
- τη συμβολή στο μετριασμό των επιπτώσεων από πλημμύρες και ξηρασίες

Για να επιτευχθούν οι στόχοι που θέτει η οδηγία, τα κράτη-μέλη οφείλουν να δείξουν συνέπεια στην υλοποίηση των προβλέψεών της. Πιο συγκεκριμένα, οι χώρες της ΕΕ οφείλουν μέχρι το 2015 να διατηρήσουν ή να επιτύχουν “καλή κατάσταση” σε όλα τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα. Για τα επιφανειακά ύδατα, ο όρος καλή κατάσταση ανταποκρίνεται στην καλή οικολογικά και χημικά κατάσταση. Αντίστοιχα για τα υπόγεια ύδατα ο όρος καλή κατάσταση ανταποκρίνεται στην καλή ποσοτικά και χημικά κατάσταση. Για την πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης προωθείται η δημιουργία προτύπων περιβαλλοντικής ποιότητας, η θέσπιση οριακών τιμών εκπομπής ρύπων και η λήψη μέτρων για τον περιορισμό ή την εξάλειψη του κινδύνου ατυχήματος. Για τη διαφύλαξη επαρκούς ποσότητας υδάτων προτείνεται ο έλεγχος των απολήψεων.

Με την οδηγία εισάγεται ως πρότυπο διαχείρισης η ολοκληρωμένη διαχείριση σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού. Μια από τις βασικές απαιτήσεις της οδηγίας είναι η υποχρέωση των κρατών-μελών να εκπονήσουν σχέδια διαχείρισης των υδατικών πόρων ανά υδατικό διαμέρισμα (για την ακρίβεια ανά river basin district, που στην Ελλάδα αντιστοιχεί στο υδατικό διαμέρισμα). Επιπλέον, εξασφαλίζει ότι στη διαδικασία της κατάρτισης και της ενημέρωσης των σχεδίων διαχείρισης, και προτού τεθούν αυτά σε εφαρμογή, θα συμμετέχουν όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη. Μέσα από την ενημέρωση του ευρύτερου κοινού και τη διαβούλευση κατά το σχεδιασμό, επιδιώκεται η επίτευξη συναινετικών λύσεων και η απρόσκοπτη εφαρμογή του τελικού προγράμματος μέτρων που θα αποφασιστεί. Ανάμεσα σε αυτά τα μέτρα ενθαρρύνεται να υπάρχουν και οικονομικά εργαλεία, που θα επιτρέψουν την ανάκτηση του κόστους των υπηρεσιών ύδατος. Το κόστος αυτό οφείλει να

συμπεριλάβει και το κόστος πόρου και το κόστος του περιβάλλοντος, τα οποία μπορούν να προσδιοριστούν με κατάλληλες οικονομικές μεθόδους. Επομένως, ασκείται πίεση στα κράτη-μέλη να επαναπροσδιορίσουν την τιμολογιακή τους πολιτική για κάθε χρήση ύδατος την οποία εξυπηρετούν και να εφαρμόσουν με αποφασιστικότητα την αρχή “ο ρυπαίνων πληρώνει”.

Επίσης, η οδηγία θεωρεί αναγκαία την ενσωμάτωση των πολιτικών για την προστασία και τη βιώσιμη διαχείριση του νερού στις υπόλοιπες κοινοτικές τομεακές πολιτικές (πχ. γεωργία, αλιεία, ενέργεια, μεταφορές, τουρισμός, περιφερειακή πολιτική). Όσον αφορά τις διασυνοριακές λεκάνες απορροής, προτρέπει τα κράτη-μέλη να συνεργαστούν μεταξύ τους, ώστε να καταστεί δυνατός ο συντονισμός των επιμέρους πολιτικών διαχείρισης και να υπάρχει αμφίδρομη πληροφόρηση. Για λεκάνες απορροής που εκτείνονται πέραν των συνόρων της ΕΕ, προτείνεται στα κράτη-μέλη να επιδιώξουν συνεργασία με τις τρίτες χώρες και συντονισμό των πολιτικών τους βάσει των ισχυόντων στις διεθνείς συμβάσεις.

Σε σχέση με τα παράκτια ύδατα και τα οικοσυστήματα που αναπτύσσονται κοντά στις θαλάσσιες ακτές, στις εκβολές των ποταμών, σε κόλπους ή σε σχετικά κλειστές θάλασσες, η οδηγία υπενθυμίζει ότι είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στη μεταβολή της ποιότητας των εσωτερικών υδάτων που καταλήγουν σε αυτά. Συνεπώς, απαιτεί να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη οι επιπτώσεις της όποιας διαχειριστικής πολιτικής σε αυτά.

### **2.3 Προβλήματα Εφαρμογής στην Ελλάδα**

Τα προβλήματα εφαρμογής της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ στην Ελλάδα απορρέου κυρίως λόγω του νομικού και θεσμικού πλαισίου. Το μεγαλύτερο μέρος της Ελληνικής Νομοθεσίας για τη διαχείριση και προστασία των υδάτων συνίσταται σχεδόν από την αντίστοιχη νομοθεσία της ΕΕ, την κοινοτική νομοθεσία. Όπως προαναφέρθηκε δεν υφίσταται στην Ελλάδα πολιτική ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδάτων πριν το 2000. Μόνο μετά την Οδηγία 2000/60/ΕΚ θεσπίστηκε το κατάλληλο πλαίσιο για την προστασία των εσωτερικών, των επιφανειακών, των μεταβατικών, των παράκτιων και των υπόγειων υδάτων της ΕΕ. Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ αποσκοπεί στην ενοποιημένη μακροπρόθεσμη διαχείριση των υδάτων στην ΕΕ και καθιερώνει την αρχή της αειφορίας στη διαχείριση των υδάτων συνδέοντας το στόχο της καλής ποιότητας του

νερού με την διαθεσιμότητα του (Καριψιάδης, 2008). Το πόσο καλά ή πόσο αποτελεσματικά εφαρμόζεται αυτή η πολιτική σε επίπεδο κράτους, αφορά αποκλειστικά το κάθε κράτος – μέλος ξεχωριστά.

Η Ελλάδα έχει ήδη καθυστερήσει στην εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ μέσω του Ν.3199/2003. Ειδικότερα από το 2003 που ψηφίστηκε ο Ν.3199/2003 άρχισαν τα προβλήματα με αποτέλεσμα η Ευρωπαϊκή Επιτροπή να ξεκινήσει το 2005 προδικαστικό έλεγχο κατά της Ελλάδας για την ατελή εναρμόνιση της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, δεδομένου ότι είχε αναφερθεί επισταμένως ότι ο Ν.3199/2003 είχε πολλά κενά. Η Ελλάδα άργησε να συμμορφωθεί και εν τέλει τον Ιούνιο του 2006 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρέπεμψε την Ελλάδα στο Ευρωπαϊκό Δικαστήριο (ΔΕΚ). Το 2007 ως μια προσπάθεια εναρμόνισης με την 2000/60/ΕΚ εκδόθηκε το Προεδρικό Διάταγμα 51/8.3.2007 (Α' 54) «Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ». Τελικώς τον Ιούνιο του 2007, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δέχτηκε το Π.Δ και έκλεισε την υπόθεση του Ευρωπαϊκού Δικαστηρίου. Η καθυστέρηση όμως θεσμικής εναρμόνισης της Οδηγίας στην Ελλάδα είχε ως συνέπεια και τη σημαντική καθυστέρηση στην εφαρμογή των διατάξεών της με βάση το χρονοδιάγραμμα (Δανιλάκης, 2011).

Το Μάρτιο του 2007 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε έκθεση για την καθυστέρηση εφαρμογής της 2000/60/ΕΚ από την Ελλάδα. Η σοβαρότερη καθυστέρηση αφορούσε στην εφαρμογή του Άρθρου 5 όπου στις 22 Μαρτίου του 2007 η ΕΕ παρέπεμψε την Ελλάδα στο ΔΕΚ. Συγκεκριμένα, η υπόθεση (C-264/07) αφορούσε τη μη εκπόνηση, για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού, ανάλυσης των χαρακτηριστικών της, επισκόπηση των επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στην κατάσταση των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων και οικονομική ανάλυση της χρήσης ύδατος, σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές των παραρτημάτων II και III της οδηγίας. Στις 31 Ιανουαρίου 2008 ανακοινώθηκε η καταδίκη (C-264/07) της Ελλάδας από το Δ.Ε.Κ. για παράβαση των διατάξεων της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, και ειδικότερα των υποχρεώσεων της χώρας που απορρέουν από τα άρθρα 5(1) και 15(2) αυτής. Θετική εξέλιξη στην υπόθεση αυτή αποτελεί η αποστολή στην ΕΕ των μελετών που αφορούν τις λεκάνες απορροής ποταμών. Οι



μελέτες κρίθηκαν επαρκείς και έτσι η Ελλάδα συμμορφώθηκε με τη καταδικαστική απόφαση του Δ.Ε.Κ.

Επίσης μέχρι το Δεκέμβριο του 2006 έπρεπε όλα τα κράτη-μέλη να έχουν ολοκληρώσει και να έχουν θέσει σε εφαρμογή τα Προγράμματα Παρακολούθησης των Υδάτων (βλ. Π.Δ. 51/2007 άρθρο 11, §2). Όμως μεγάλη καθυστέρηση παρατηρήθηκε και σε αυτή την περίπτωση και στην θεσμική εφαρμογή του Άρθρου 8 (που αφορά στην κατάστρωση των προγραμμάτων εποπτικής, λειτουργικής και διερευνητικής παρακολούθησης (monitoring) των ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών των υδάτινων σωμάτων). Το έργο έπρεπε να έχει ολοκληρωθεί το 2006, ώστε από το 2007 να είναι δυνατό να τεθούν σε λειτουργία τα προγράμματα παρακολούθησης. Δυστυχώς κάτι τέτοιο δεν είχε γίνει ενώ η Ελλάδα μόλις το 2007 είχε προκηρύξει το έργο για τα Προγράμματα Παρακολούθησης. Αποτέλεσμα αυτού ήταν η Ε.Ε. τον Ιούνιο του 2008 να ξεκινήσει εκ νέου προδικαστική διαδικασία επειδή η Ελλάδα απέτυχε να τηρήσει τις υποχρεώσεις της και να θεσπίσει προγράμματα παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτων και διατήρησης της οικολογικής σύστασης των νερών και να ενημερώσει. (έως τις αρχές του 2007) την Ε.Ε. για την αποτελεσματικότητα των μέτρων που έλαβε (άρθρα 8 και 12). Για αυτό άλλωστε, το «Εθνικό Πρόγραμμα Προστασίας και Διαχείρισης Υδατικών Πόρων 2008» περιλαμβάνει στις πρώτες προτεραιότητες τη «... σχεδιασμένη και προγραμματισμένη (χρόνος, κόστος) εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, χωρίς κενά και με τρόπο που κάθε στάδιο (καταγραφή πιέσεων και ανάλυση επιπτώσεων, οικονομική ανάλυση χρήσεων, μητρώο προστατευόμενων περιοχών, σύνταξη προγραμμάτων παρακολούθησης, προώθηση διαδικασιών διαβούλευσης σύνταξη προγραμμάτων διαχείρισης), το οποίο ολοκληρώνεται, να δεσμεύει το επόμενο και να μην απαιτούνται επαναλήψεις εργασιών.....» (Δανιλάκης, 2011).

Επιπλέον καθυστερήσεις και προβλήματα παρουσιάζονται και στην ολοκλήρωση των Σχεδίων Διαχείρισης Λεκανών Απορροής, όπου ο χρόνος υλοποίησης είχε καθοριστεί ο Δεκέμβριος του 2009. Η Ελλάδα, όχι μόνο δεν ολοκλήρωσε τα σχέδια διαχείρισης, αλλά μόλις το 2010 προκήρυξε τις πρώτες μελέτες εκπόνησης των σχεδίων, για τις περιοχές λεκανών απορροής Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Ελλάδας. Οι καθυστερήσεις που έχει σημειώσει η χώρα στην εφαρμογή των διατάξεων έχουν

οδηγήσει στην κίνηση της προδικαστικής διαδικασίας από την ΕΕ τον Ιούνιο 2010 (Δανιλάκης, 2011).

Το υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο θέτει μια σειρά από οργανωτικές προϋποθέσεις για τη βέλτιστη και ορθολογική διαχείριση των νερών, όμως παρατηρείται μια σειρά από ελλείψεις και καθυστερήσεις στο πεδίο της υλοποίησής του. Οι εκάστοτε ελληνικές κυβερνήσεις καθυστέρησαν σημαντικά στο να προωθήσουν αποτελεσματικά τη διαχείριση των νερών με συνέπεια η Ελλάδα να μη διαθέτει ακόμη το σημαντικότερο διαχειριστικό εργαλείο της 2000/60/ΕΚ: τη παρακολούθηση. Η μη ύπαρξη παρακολούθησης (προσωπικού, εργαστηρίων, εξοπλισμού, θεσμικών μέτρων) έχει ως συνέπεια τη μη αξιόπιστη εικόνα της υφιστάμενης κατάστασης, την ανυπαρξία περιβαλλοντικών στόχων αποκατάστασης και συνεπώς καθιστούν τα όποια Σχέδια Διαχείρισης κενά περιεχομένου (Δανιλάκης, 2011).

Επίσης η υφιστάμενη διοικητική οργάνωση προστασίας και διαχείρισης των υδάτων στην Ελλάδα ενώ μπορεί να θεωρηθεί επαρκής μεγάλο πρόβλημα αποτελεί η μεγάλη χρονική καθυστέρηση σύστασης και λειτουργίας τους, με συνέπεια τον αρνητικό αντίκτυπο στην υλοποίηση του προγράμματος της 2000/60/ΕΚ. Η Εθνική Επιτροπή Υδάτων και το Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων συστάθηκαν μόλις τον Ιούλιο του 2010, καθώς επίσης και οι Διευθύνσεις Υλικού και Προμηθειών (ΔΥΠ) θεωρούνται σημαντικό πρόβλημα, μιας και μέχρι και σήμερα υπολειπονταν αφού αντιμετώπιζαν σοβαρές ελλείψεις σε πόρους και σε ειδικευμένο προσωπικό. Ο ρόλος των ΔΥΠ είναι πολύ σημαντικός για την υλοποίηση των επιταγών της 2000/60/ΕΚ και γενικότερα για τα σχέδια και τα μέτρα που καταρτίζουν τα κεντρικά όργανα. Άρα ο κακός συντονισμός και η δυσλειτουργία τους επιφέρει αρνητικά αποτελέσματα στην φάση της υλοποίησης (Δανιλάκης, 2011).

Με το Ν. 1739/87 θεσμοθετήθηκε η διαίρεση της χώρας σε 14 υδατικά διαμερίσματα (Υπ. Αν., 1997), για λόγους οργανωτικούς και διοικητικούς, ο πολυκερματισμός των αρμοδιοτήτων των φορέων όσον αφορά στη διαχείριση των υδατικών πόρων και η αδυναμία συντονισμού δράσης των φορέων αυτών εξαιτίας ανταγωνιστικών δραστηριοτήτων στη χρήση νερού, εξακολουθεί να τροφοδοτεί ένα καθεστώς έλλειψης συντονισμού στον τομέα της διαχείρισης (Υπ. Αν., Ν1739/1987, Υπ. Αν, Ν2503/1997, Υπ. Αν, Π.Δ 60/1998).

Σύμφωνα με τη Μιμίκου (2002), τα σημαντικότερα προβλήματα όσον αφορά στην εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60 στην Ελλάδα είναι:

- Η δυσκολία και έλλειψη συστηματικής και αξιόπιστης καταγραφής και αξιολόγησης των φυσικών και τεχνητών υδατικών συστημάτων από ποσοτική και ποιοτική άποψη, καθώς και η έλλειψη επαρκών μετρήσεων υδρολογικών, μετεωρολογικών, υδρογεωλογικών και ποιοτικών παραμέτρων.
- Η έλλειψη ορθολογικά οργανωμένου εθνικού δικτύου συλλογής πληροφοριών των φυσικών δεδομένων και ενιαίας βάσης για την καταχώρηση τους, με αποτέλεσμα την ατελή γνώση των διαφόρων συνιστωσών του υδρολογικού κύκλου, παρά το μεγάλο αριθμό φορέων που ασχολούνται με τις μετρήσεις και τον σημαντικό αριθμό των σχετικών σταθμών. Αξιοσημείωτο είναι να αναφερθεί ότι ενώ η Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας, (ΕΤΥΜΠ), αποτέλεσε ένα σημαντικό βήμα, η καθυστέρηση της επικαιροποίησής της με τα στοιχεία των τελευταίων ετών και η καθυστέρηση της επιχειρησιακής της λειτουργίας συντηρεί την κατάσταση της μη οργάνωσης στον τομέα των υδατικών πόρων.
- Η έλλειψη και δυσκολία οριοθέτησης, στο μέτρο του δυνατού, ανεξάρτητων υδρογεωλογικών λεκανών ανά υδατικό διαμέρισμα
- Η αλληλεπίδραση των παράκτιων υδάτων εξαιτίας παραπλήσιων ρεμάτων ή ποταμών που απορρέουν στη θάλασσα
- Η δυσκολία και έλλειψη καταγραφής των υφιστάμενων χρήσεων και μέτρησης των ποσοτήτων νερού που χρησιμοποιείται για κάθε χρήση.
- Η δυσκολία συντονισμού μεταξύ των αρμόδιων φορέων σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο, όσον αφορά σε μελέτες και έρευνες υποδομής σχετικές με τους υδατικούς πόρους.
- Η ευκαιριακή και ανεξέλεγκτη εκμετάλλευση μεμονωμένων υδατικών πόρων από παραπάνω του ενός υδατικού διαμερίσματος, χωρίς εμπεριστατωμένη γνώση των δυνατοτήτων του που οδηγεί στην βαθμιαία ποιοτική και ποσοτική υποβάθμιση του.

- Η χαλαρή σύνδεση και εναρμόνιση των υφιστάμενων προγραμμάτων ανάπτυξης με τις ανάγκες διαχείρισης νερού, από άποψη ποσότητας και ποιότητας.
- Η δυσκολία πραγματοποίησης μακροχρόνιων προβλέψεων μεγεθών ή τάσεων υδρολογικών, πληθυσμιακών, οικονομικών, τομέων παραγωγής κλπ, στα πλαίσια του αναπτυξιακού προγραμματισμού, που να επιτρέπουν αντίστοιχες προβλέψεις σε έργα αξιοποίησης.
- Η δυσκολία ή και ανυπαρξία ολιστικής αντιμετώπισης των προβλημάτων σχεδιασμού και διαχείρισης των υδατικών πόρων.
- Η ανυπαρξία μηχανισμού μεταφοράς και ενοποίησης των κατά υδατικό διαμέρισμα στόχων και πολιτικών σε ευρύτερες μονάδες χώρου (upscaling) για τον σχεδιασμό και την εφαρμογή συνδυασμένης οικονομικής ανάπτυξης.
- Η καθυστέρηση κάλυψης υποχρεώσεων που απορρέουν από την εφαρμογή κοινοτικών οδηγιών.
- Η ανάγκη εξασφάλισης ορθολογιστικής διαχείρισης των διασυνοριακών υδάτων και την από κοινού χρήση αυτών με βάση τις υδατικές ανάγκες των εμπλεκόμενων χωρών.
- Η έλλειψη ενιαίου Διαχειριστικού Φορέα στον τομέα νερού.

#### **2.4 Προβλήματα Εφαρμογής στην Λήμνο**

Η Λήμνος και γενικότερα όλα τα νησιά του Βορείου και Νοτίου Αιγαίου χαρακτηρίζονται από αύξηση των υδρευτικών αναγκών λόγω αύξησης του μόνιμου πληθυσμού και της αύξησης της τουριστικής κίνησης. Επίσης παρατηρείται αύξηση των έργων υδροληψίας (γεωτρήσεις, αφαλατώσεις, μεταφερόμενες ποσότητες) καθώς και υπεράντληση των υπόγειων υδροφορέων. Το σημαντικότερο δε πρόβλημα είναι η παντελής απουσία διαχειριστικής πολιτικής μείωσης της υδρευτικής ζήτησης (ενημέρωση κοινού, τιμολογιακή πολιτική, σχεδιασμός έργων κλπ.). Συμπερασματικά λοιπόν θα λέγαμε ότι η έλλειψη νερού, οδηγεί στην άμεση ανάγκη για ορθή και ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων τόσο στη περιοχή μελέτης (Λήμνος) όσο και σε όλα τα νησιά του Αιγαίου. Η ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών

πόρων βασίζεται στην κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της νομοθεσίας.

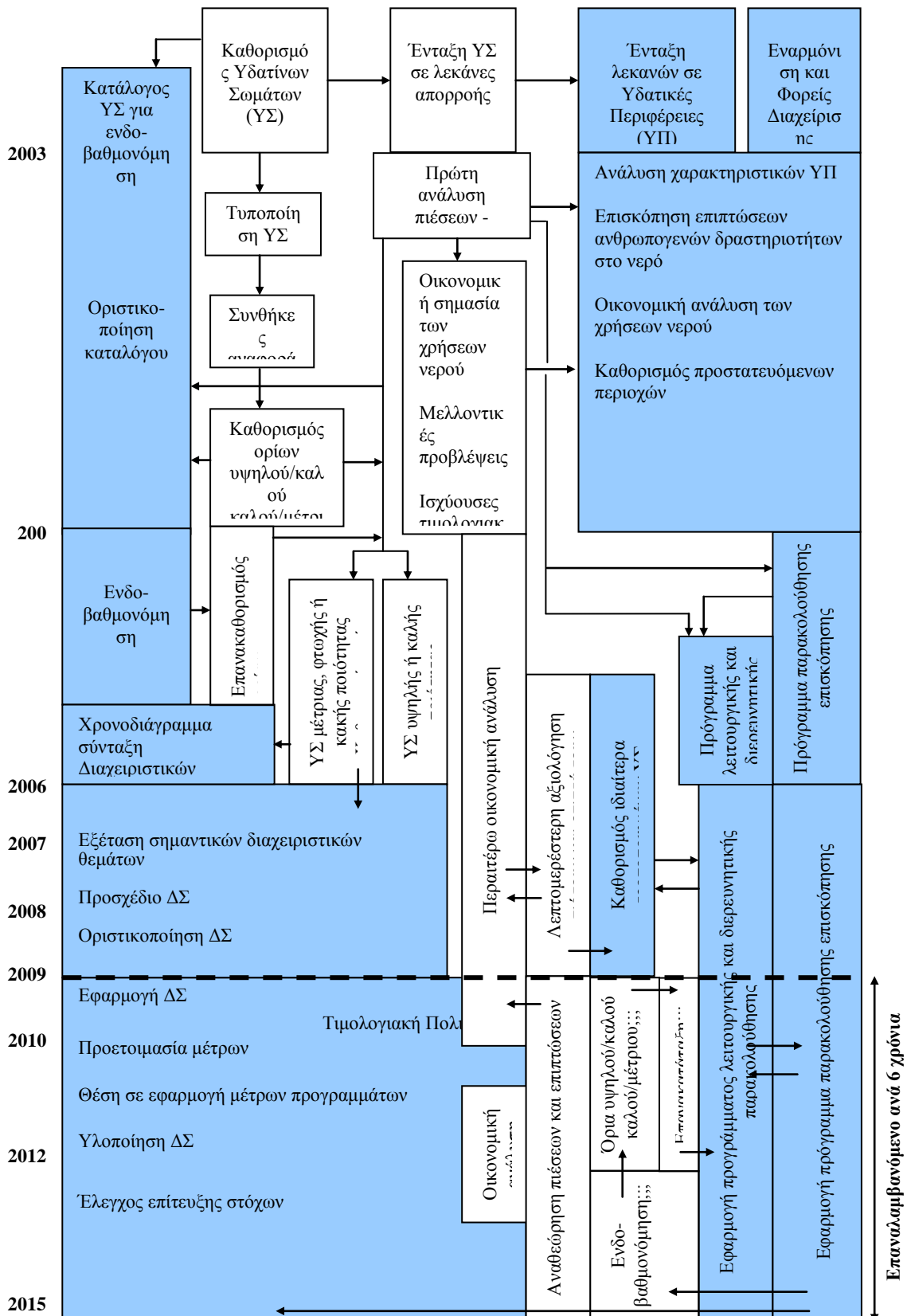
Τα προβλήματα – εμπόδια που πρέπει να αντιμετωπιστούν για την υλοποίηση εφαρμογής για τη διαχείριση των υδατικών πόρων της περιοχής ενδιαφέροντος και την παράλληλη επίτευξη των στόχων της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ είναι (Λίττη, 2008):

- Συγκρουόμενα συμφέροντα ως προς τη χρήση του νερού.
- Η μείωση του υδατικού δυναμικού τα τελευταία 20 χρόνια λόγω φθίνουσας πορείας των κατακρημνισμάτων αλλά και της αύξησης των κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων.
- Η έλλειψη συγχρόνων συλλογικών αρδευτικών δικτύων και ανεξέλεγκτα μεγάλη σπατάλη νερού για αρδεύσεις μέσω ιδιωτικών γεωτρήσεων.
- Δυσμενείς επιπτώσεις για το περιβάλλον λόγω της συνεχούς αύξησης της ρύπανσης των επιφανειακών και υπογείων νερών από λύματα και απόβλητα των οικισμών, των βιομηχανιών καθώς και από τη χρήση λιπασμάτων και ζιζανιοκτόνων στη γεωργική παραγωγή.
- Υπερβολική μείωση της παροχής ορισμένων πηγών λόγω εντατικών αντλήσεων που συνεπάγονται κίνδυνο για τους βιότοπους της περιοχής.
- Κίνδυνος τοπικής ή γενικευμένης εξάντλησης των αποθεμάτων υπογείου νερού με ενδεχόμενο την υποβάθμιση της ποιότητάς τους.
- Έλλειψη ενιαίας διαχείρισης της ποσότητας και ποιότητας των νερών και ως εκ τούτου ανισομερής εκμετάλλευση των Υδατικών Πόρων και σύγκρουση συμφερόντων μεταξύ των διαφόρων χρηστών.

## **2.5 Εφαρμογή της Οδηγίας**

Η εφαρμογή της οδηγίας στην Ελλάδα σχετίζεται με δύο διακριτές φάσεις (Σχ. 2.1):

*Φάση 1:* Αναγκαίες ενέργειες και στάδια για τη σύνταξη των διαχειριστικών σχεδίων σε κάθε Υδατική Περιφέρεια (Χρονικός ορίζοντας βάσει του χρονοδιαγράμματος της Οδηγίας το έτος 2009).



Σχήμα 2.1. Διαγραμματική απεικόνιση των απαιτούμενων σταδίων για την εφαρμογή της Οδηγίας

Φάση 2: Σύνταξη και εφαρμογή πρώτου διαχειριστικού σχεδίου σε κάθε Υδατική Περιφέρεια – Έλεγχος επίτευξης των στόχων της Οδηγίας για πρώτη φορά (Χρονικός ορίζοντας βάσει του χρονοδιαγράμματος της Οδηγίας το έτος 2015).

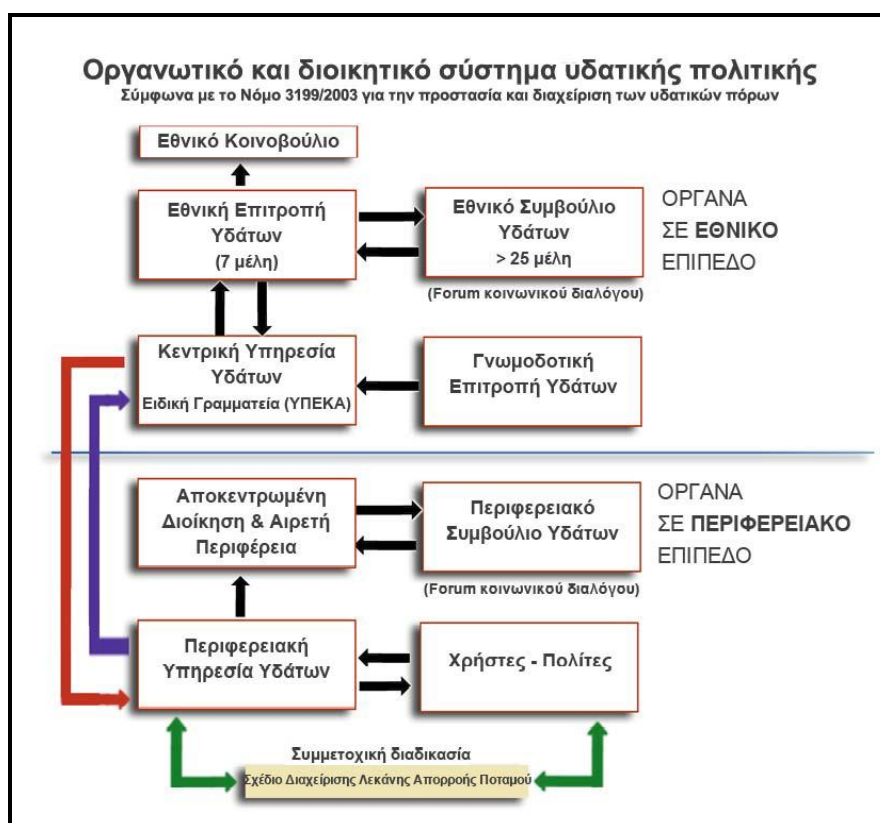
Με την ολοκλήρωση του πρώτου διαχειριστικού σχεδίου και τον αρχικό έλεγχο για την επίτευξη των στόχων, οι επόμενες φάσεις υλοποίησης της Οδηγίας αφορούν σε εξαετείς κύκλους εφαρμογής επικαιροποιημένων διαχειριστικών σχεδίων και ελέγχου επίτευξης των στόχων (Ινστιτούτο Τοπικής Αυτοδιοίκησης, 2008).

## **2.6 Σχολιασμός της Εφαρμογής της Οδηγίας**

Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ ενσωματώθηκε στην ελληνική έννομη τάξη με το Νόμο 3199/2003 (ΦΕΚ Α 280/9.12.2003) σύμφωνα με τον οποίο συστήνονται η Εθνική Επιτροπή Υδάτων, το Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων και η Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων στο ΥΠΕΧΩΔΕ. Αρμοδιότητα του Εθνικού Συμβουλίου Υδάτων και της Εθνικής Επιτροπής είναι κυρίως η υποβολή στη Βουλή ετήσιων εκθέσεων αναφορικά με την κατάσταση του υδατικού δυναμικού της χώρας. Όσον αφορά την Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων, αυτή είναι υπεύθυνη για την κατάρτιση των εθνικών προγραμμάτων προστασίας και διαχείρισης του υδατικού δυναμικού της χώρας καθώς και για το συντονισμό και την παρακολούθηση της εφαρμογής τους.

Ιδιαίτερα σημαντικό είναι το γεγονός ότι με το Νόμο αυτό απαιτείται να οριστεί εθνικό δίκτυο παρακολούθησης ποιότητας και ποσότητας των υδάτων, καθορίζοντας παράλληλα τους σταθμούς μέτρησης και τους φορείς που είναι αρμόδιοι για τη λειτουργία τους. Ορίζεται επιπλέον ως βασική χωρική μονάδα διαχείρισης η λεκάνη απορροής ποταμού, τη διαχείριση της οποίας αναλαμβάνει η Διεύθυνση Υδάτων της Περιφέρειας. Η εν λόγω υπηρεσία είναι αρμόδια για την κατάρτιση και εφαρμογή των Σχεδίων Διαχείρισης και Προγραμμάτων Μέτρων και Παρακολούθησης της κατάστασης των υδάτων. Επιπρόσθετα έχει υπό την ευθύνη της και το Μητρώο Προστατευόμενων Περιοχών. Τέλος, ενδιαφέρον παρουσιάζει και η σύσταση του Περιφερειακού Συμβουλίου, το οποίο έχει την έδρα του σε κάθε Περιφέρεια και λειτουργεί ως όργανο κοινωνικού διαλόγου και διαβούλευσης για θέματα προστασίας και διαχείρισης των υδάτων. Συγκεκριμένα, γνωμοδοτεί πριν την έγκριση του Σχεδίου Διαχείρισης, με σκοπό να πληροφορηθεί το κοινό για το περιεχόμενό του και να λάβει μέρος στη διαβούλευση, μετά το πέρας της οποίας το δημοσιοποιεί.

Στο διοικητικό πλαίσιο φέρνει διάφορες αλλαγές ο συγκεκριμένος νόμος, με σημαντικότερη καινοτομία τη σύσταση της Κεντρικής Υπηρεσίας Υδάτων, η οποία έχει αρμοδιότητες εθνικού φορέα διαχείρισης υδάτων. Υπάγεται στο ΥΠΕΧΩΔΕ ενώ ο προϊστάμενός του είναι μετακλητός Ειδικός Γραμματέας. Στο έργο του το οποίο είναι κυρίως επιτελικού χαρακτήρα, επικουρείται από τη Γνωμοδοτική Επιτροπή Υδάτων το όνομα της οποίας μαρτυρά το ρόλο της. Ειδικότερα, σχεδιάζει, παρακολουθεί, αξιολογεί και λαμβάνει μέτρα για την αποτελεσματική διαχείριση των υδατικών πόρων σε εθνικό επίπεδο.



**Σχήμα 2.2.** Οργανωτικό και διοικητικό σύστημα υδατικής πολιτικής

(Πηγή: Μπεριάτος, 2013)

Η Εθνική Επιτροπή Υδάτων αποτελεί ένα ακόμη όργανο που συστήνεται με τον εν λόγω Νόμο και οι αρμοδιότητές της είναι η χάραξη, η παρακολούθηση και ο έλεγχος της πολιτικής για τη διαχείριση των υδάτων. Ως όργανο κοινωνικής διαβούλευσης συστήνεται το Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων που προσδίδει περιφερειακή διάσταση στη διαχείριση υδάτων, καθώς σε κάθε Περιφέρεια συστήνεται Διεύθυνση Υδάτων που είναι αρμόδια για τη διαχείριση σε περιφερειακό επίπεδο. Σε περιφερειακό επίπεδο



προβλέπεται επίσης το Περιφερειακό Συμβούλιο Υδάτων του οποίου η σύνθεση έχει ως εξής: απαρτίζεται από το Γενικό Γραμματέα της Περιφέρειας, τον Προϊστάμενο Διεύθυνσης Υδάτων της Περιφέρειας και διάφορους φορείς σε τοπικό επίπεδο. Κύρια αρμοδιότητά του είναι η γνωμοδότηση πριν την έγκριση των Σχεδίων Διαχείρισης (Σχήμα 2.1).

Οι ελλείψεις του θεσμικού πλαισίου αποτελούν τον πρώτο λόγο δυσκολίας εφαρμογής της ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων.

Η διασπορά αρμοδιοτήτων και η χρονική καθυστέρηση έκδοσης των απαιτούμενων κανονιστικών πράξεων είναι η σημαντικότερη αιτία σύμφωνα με το ΣτΕ (ΣτΕ, 2006) που δυσχεραίνει και καθιστά ίσως ανέφικτη την ομαλή και συνεκτική δράση της δημόσιας διοίκησης ως προς την πλήρη ενσωμάτωση της κοινοτικής Οδηγίας-Πλαίσιο για τα Νερά.

Ο Νόμος 3199/2003 έχει τις ακόλουθες αδυναμίες: δεν αποδεσμεύει από διοικητικά σύνορα και ενότητες δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο προβλήματα αναφορικά με τις αρμοδιότητες και την κατανομή τους. Για παράδειγμα, η Περιφέρεια εξακολουθεί να αποτελεί το βασικό διαχειριστή των υδατικών πόρων σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού, ενώ σε περιπτώσεις γειτνίασης υπεύθυνες είναι και οι δύο περιφέρειες από κοινού. Γίνεται λοιπόν σαφές, εάν αναλογιστεί κανείς και τη δυσκολία συνεργασίας μεταξύ των φορέων του δημόσιου τομέα στην Ελλάδα, ότι δεν είναι πάντα εφικτή η επίλυση προβλημάτων και η επιτυχής έκβαση των υποθέσεων. Ένα ακόμη ζήτημα που προκύπτει είναι ότι ενώ στην Οδηγία τονίζεται με ιδιαίτερη έμφαση η καλή οικολογική κατάσταση των υδάτων και επαναλαμβάνεται συχνά, ωστόσο στο Νόμο 3199/2003, δεν υπάρχει αντίστοιχα ως στρατηγική επιλογή.

Με την εναρμόνιση δεν μεταφέρεται στην ελληνική έννομη τάξη το σύνολο των προθεσμιών και ενεργειών που απαιτούνται για την εφαρμογή της Οδηγίας, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τις διατάξεις για τη συμμετοχή του κοινού, οι οποίες δεν αναφέρονται πουθενά. Η παρουσία πολλών μεταβατικών και καταργούμενων διατάξεων καθιστούν την ανάγνωση του Νόμου δύσκολη από το μέσο αναγνώστη, με συνέπεια δυσχέρειες στη συσχέτισή της με την οικεία ευρωπαϊκή και την παλαιότερη εθνική νομοθεσία (Χρονοπούλου, 2011)

Συμπερασματικά λοιπόν δεν είναι εφικτή η μεταφορά των στόχων της Οδηγίας που είναι ότι η διαχείριση των υδατικών πόρων οφείλει να εφαρμόζεται στη βάση των φυσικών ορίων των υδάτινων οικοσυστημάτων και όχι με διοικητικά κριτήρια όπως λανθασμένα προσεγγίζεται. Η διαπίστωση αυτή συνυπολογίζοντας και το σημαντικότερο χαρακτηριστικό της ελληνικής διοίκησης που είναι η γραφειοκρατία καθιστά την εφαρμογή της Οδηγίας σχεδόν αδύνατη.

Πέραν από τα προαναφερθέντα προβλήματα της ορθής εφαρμογής της οδηγίας κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί και ένα πολύ θετικό στοιχείο του νέου Νόμου, όπως η διαβούλευση και συμμετοχή των ενδιαφερομένων σε περιφερειακό επίπεδο, όπως προβλέπει η Οδηγία. Στο σημείο αυτό αξίζει να τονιστεί η σπουδαιότητα της ύπαρξης πολιτικής βούλησης, απαλλαγμένης από σκοπιμότητες και παρεμβάσεις, οι οποίες θα παρακώλυαν τη συνολική προσπάθεια, με σκοπό την εφαρμογή των αναγκαίων μέτρων για τη σωστή εφαρμογή της Οδηγίας (Τσακίρης, 2000).

Το χρονικό διάστημα της λειτουργίας του υφιστάμενου διοικητικού σχήματος αποδεικνύει ότι είναι πρακτικά ανέφικτη η αποτύπωση μιας ενιαίας αξιολόγησης με ανάλυση της συνάφειας των γενικών και ειδικών στόχων του και του υλοποιούμενου έργου του σύμφωνα με τον Ν.3230/2004 (ΦΕΚ 44/11-2-2004) «Καθιέρωση Συστήματος με στόχους, μέτρηση αποδοτικότητας και άλλες διατάξεις».

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΗΜΝΟΥ**

### **3.1 Γεωγραφική Θέση**

Η Λήμνος είναι το όγδοο μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας με έκταση 476 τετραγωνικά χιλιόμετρα και το τέταρτο σε μήκος ακτών (260 χιλιόμετρα). Βρίσκεται στο βόρειο Αιγαίο, στο Θρακικό πέλαγος, ανάμεσα στο Άγιον Όρος, τη Σαμοθράκη, την Ίμβρο και τη Λέσβο. Μαζί με τον Άγιο Ευστράτιο αποτελούν την επαρχία Λήμνου του νομού Λέσβου. Πρωτεύουσα και κύριο λιμάνι της Λήμνου είναι η Μύρινα, που ως το 1955 ονομαζόταν Κάστρο, ονομασία που επικράτησε κατά την ύστερη βυζαντινή περίοδο και άτυπα ακόμα έτσι αποκαλείται από τους παλιότερους Λημνιούς.

### **3.2 Ιστορικά Στοιχεία**

Το όνομα Λήμνος είναι πανάρχαιο, αναφέρεται ήδη από τον Όμηρο. Στο νησί υπάρχουν λείψανα δεκατεσσάρων τουλάχιστον νεολιθικών οικισμών με σημαντικότερο αυτόν της Πολιόχνης, στην οποία βρέθηκε το πρώτο ίσως βουλευτήριο του κόσμου και μαρτυρεί ότι η δημοκρατία γεννήθηκε στη Λήμνο. Η αρχαιολογική σκαπάνη αποκάλυψε επτά πόλεις κτισμένες η μια πάνω στην άλλη, σε διαδοχικές ιστορικές φάσεις από το 4000 π.χ ως το 1500 π.χ με προηγμένο πολιτισμό, όπως αποκαλύπτουν τα ευρήματα. Άλλοι σημαντικοί αρχαιολογικοί χώροι του νησιού που ανάγονται στα γεωμετρικά, αρχαϊκά, κλασσικά, ελληνιστικά και βυζαντινά χρόνια είναι της Ηφαιστείας και του ιερού της τον Καβειρίου, της Μύρινας και του ιερού της Αρτέμιδας, του Κότσινα.

### **3.3 Γεωμορφολογία**

Το ανάγλυφο της Λήμνου είναι αποτέλεσμα μιας σειράς συνδυαστικών παραγόντων, από την λιθολογία και την τεκτονική μέχρι το κλίμα. Η Λήμνος μπορεί να χαρακτηριστεί σε γενικό πλαίσιο ως πεδινή, με εξαίρεση το δυτικό τμήμα της νήσου, που χαρακτηρίζεται ημιορεινό (περίπου το 8,1% της έκτασής της).

Το ήπιο ανάγλυφο και η πολυπλοκότητα των ακτών της, δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη μεγάλων υδρολογικών λεκανών. Κάποιες όμως από τις μεγαλύτερες υδρολογικές λεκάνες βρίσκονται στις περιοχές Κορνού – Μύρινας (χείμαρρος Αυλών), Αγ. Δημητρίου – Κοντιά (χείμαρρος Χανδριά) και στην πεδιάδα της Ατσικής. Οι χαμηλές κλίσεις του εδάφους και τα χαμηλά υψόμετρα κοντά στις ακτές

προκαλούν δυσκολίες στην αποστράγγιση των εδαφών και σχηματίζονται αβαθείς λίμνες (Αλυκή και Χορταρολίμνη), καθώς και μικρότεροι αλλά σημαντικοί υγρότοποι, όπως αυτοί που βρίσκονται στα Λύχνα, στον Κότσινα και στο Πεδινό και οι οποίοι έχουν καταγραφεί από την περιβαλλοντική οργάνωση WWF. Σημαντικοί είναι οι φυσικοί σχηματισμοί με τον υδροβιότοπο του Διαπορίου, τα πλούσια βοσκοτόπια και τα ηφαιστειακά πολύχρωμα πετρώματα προς το Φακό. Επιπλέον η περιοχή του Φακού έχει συμπεριληφθεί στο ευρωπαϊκά δίκτυο ΦΥΣΗ 2000 (NATURA 2000).

### **3.4 Υδατικοί Πόροι - Υδρογεωλογικές Συνθήκες**

Στο νησί δεν υπάρχουν επιφανειακά νερά λόγω του ήπιου ανάγλυφου, της υδατοστεγανούς διάπλασης των στρωμάτων και των πτωχών βροχοπτώσεων. Τα υπόγεια ύδατα αποτελούν τον μοναδικό υδάτινο πόρο. Οι φρεάτιοι υδροφόροι ορίζοντες έχουν ένα μέσο βάθος 5-10m και αντλούνται με τη βοήθεια πολυάριθμων φρεάτων και γεωτρήσεων. Πάντως φαίνεται ότι έχει εξαντληθεί το υπάρχον υδατικό δυναμικό και υπάρχει έλλειψη υδατικών πόρων. Έχουν εντοπισθεί κάποιοι βαθείς υδροφόροι ορίζοντες που θα μπορούσαν να εκμεταλλευθούν αλλά το θέμα χρειάζεται διερεύνηση (ΣΜΠΕ ΠΕΣΔΑ Βορείου Αιγαίου, 2013)

Δύο είναι τα σημαντικά υδατικά σώματα του νησιού, οι λίμνες Αλυκή και Χορταρολίμνη. Η τροφοδοσία στην λίμνη Αλυκή γίνεται μόνο με θαλασσινό νερό μέσω των διηθήσεων από την ανατολική λωρίδα των αμμοθινών, ενώ η λίμνη Χορταρολίμνη τροφοδοτείται με νερό τόσο μέσω των ρεμάτων που καταλήγουν σ' αυτή όσο και μέσω της υπόγειας ασθενούς υδροφορίας και είναι ελαφρώς υφάλμυρα (ΣΜΠΕ ΠΕΣΔΑ Βορείου Αιγαίου, 2013). Η Λήμνος δεν διαθέτει μόνιμους ποταμούς αλλά μόνο εποχιακά σχηματιζόμενους χειμάρρους.

Οι μη-διαπερατοί σχηματισμοί που δομούν τη Λήμνο, προκαλούν δυσμενείς υδρογεωλογικές συνθήκες για την ανάπτυξη των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων. Μόνο σε προσχωσιγενή εδάφη επικρατούν ευνοϊκές συνθήκες, η υδροφορία όμως και εκεί είναι ασθενής. Ο συνδυασμός της γεωτεκτονικής δομής, των γεωμορφολογικών παραμέτρων, του υδρολογικού επιφανειακού δικτύου απορροής και του μέσου ετήσιου ύψους βροχόπτωσης περιορίζει τα περιθώρια ανάπτυξης υδροφορίας στη

Λήμνο, με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται μικρές υδροφορίες που ωστόσο σε μεγάλο βαθμό καλύπτουν τις ανάγκες ύδρευσης του νησιού.

Χαρακτηριστικό της ποιότητας πολλών υπογείων υδατικών πόρων της Λήμνου είναι η παρουσία υψηλών τιμών συνολικών διαλελυμένων αλάτων. Η εικόνα αυτή είναι αποτέλεσμα σειράς παραγόντων. Στις περιοχές όπου το φαινόμενο της μη-ορθολογικής χρήσης των υφιστάμενων υδατικών πόρων έχει επιφέρει σημαντικές πτώσεις στάθμης, η θαλάσσια διείσδυση έχει προκαλέσει την εμφάνιση υψηλών τιμών συγκεντρώσεων αλάτων. Πρέπει, επίσης, να τονισθεί ότι σημαντικός παράγοντας που επιδρά στην υψηλή αλατότητα των υπογείων υδάτων είναι και η σχετικά μικρή ηλικία των ιζηματογενών πετρωμάτων που περιβάλλουν τους υδροφόρους ορίζοντες και των οποίων τα άλατα δεν έχουν ακόμη «εκπλυθεί». Η γειννίαση με τη θάλασσα επιτείνει το φαινόμενο μέσω της απόθεσης υδροσταγονιδίων, επί της εδαφικής ζώνης που υπέρκειται του υδροφορικού συστήματος.

Όπως αναμένεται, προβλήματα έχουν επισημανθεί κατά ζώνες εξαιτίας της χρήσης λιπασμάτων και της εκτεταμένης χρήσης βόθρων για την κάλυψη οικιακών αναγκών διάθεσης υγρών αποβλήτων. Οι κτηνοτροφικές μονάδες που λειτουργούν στην περιοχή, προκαλούν με τη σειρά τους ρύπανση των υπόγειων υδατικών πόρων, που όμως φαίνεται πως είναι σημειακής και όχι διάχυτης μορφής. Τέλος, ενδέχεται να υπάρχουν βαρέα μέταλλα σε υπόγειους υδροφορείς σε περιοχές με υπερκείμενα πεδία βολής όπως αυτό της Χορταρολίμνης.

Η κατάσταση των ακτών και η ποιότητα των θαλασσιών υδάτων της Λήμνου είναι γενικά πολύ καλή. Περιστατικά σοβαρής ή παρατεταμένης θαλάσσιας ρύπανσης δεν έχουν σημειωθεί.

#### **3.4.1. Λεκάνες Απορροής**

Όπως προαναφέρθηκε, στη Λήμνο υπάρχει σημαντική υδροφορία στους πορώδεις προσχωματικούς και νεογενείς σχηματισμούς. Στις υδροφορίες που αναπτύσσονται σε πορώδεις σχηματισμούς, απαντώνται φαινόμενα υφαλμύρισης εξαιτίας της υπερεκμετάλλευσης αυτών, σε συνδυασμό με τις χαμηλές βροχοπτώσεις και με τη δυσκολία επαναπλήρωσης των υπόγειων αποθεμάτων. Οι πορώδεις προσχωματικοί και νεογενείς υδροφορείς έχουν μικρή έκταση, λόγω σχετικά μικρής ανάπτυξης των

αλλουβιακών και νεογενών σχηματισμών. Μικρού δυναμικού υδροφορείς αναπτύσσονται και σε ηφαιστειακά πετρώματα και ηφαιστειακούς τόφφους.

Με την Απόφαση 706/16-7-2010 (ΦΕΚ 1383B/2-9-2010 & ΦΕΚ 1572B/28-9-2010), της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων «περί καθορισμού των Λεκανών Απορροής Ποταμών της χώρας και ορισμού των αρμόδιων Περιφερειών για τη διαχείριση και προστασία τους» η Λήμνος ανήκει στο Υδατικό Διαμέρισμα Νήσων Αιγαίου, το οποίο περιλαμβάνει τρεις (3) Λεκάνες Απορροής: του Ανατολικού Αιγαίου (GR36) στην οποία ανήκει και η Λήμνος, τη λεκάνη απορροής των Κυκλάδων (GR37) και τη Λεκάνη Απορροής των Δωδεκανήσων (GR38) (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2014).

Ως «Λεκάνη απορροής ποταμού» ορίζεται η εδαφική έκταση από την οποία αποστραγγίζεται το σύνολο της απορροής (βροχόπτωση ή/και χιονόπτωση) μιας περιοχής, μέσω του υδρογραφικού δικτύου της (διαδοχικών ρευμάτων, χειμάρρων, ποταμών, και πιθανώς λιμνών) και παροχετεύεται στη θάλασσα μέσω της εκβολής (ή δέλτα) ποταμού.

Τα ποτάμια υδατικά συστήματα που εμφανίζονται στη νήσο Λήμνο και ανήκουν στη λεκάνη απορροής του ανατολικού Αιγαίου (GR36), του ευρύτερου υδατικού διαμερίσματος των Νήσων Αιγαίου (GR14), περιλαμβάνουν τις παρακάτω τέσσερις λεκάνες απορροής (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2014).

<b>ΟΝΟΜΑΣΙΑ</b>	<b>Τύπος ΥΣ</b>	<b>Μήκος (m)</b>	<b>Έκταση λεκάνης (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Απορροή (10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>/έτος)</b>
ΚΑΤΑΛΑΚΟΣ	SsL1	4087,26	30,24	3,4
ΑΤΣΙΚΗ	SsL1	3599,53	56,29	6,2
ΑΥΛΩΝ Ρ.	SsL1	1402,27	19,73	2,6
ΚΑΣΠΑΚΑΣ Ρ.	SsL1	3731,95	26,31	3,2

\*SsL1= ποτάμια συστήματα μικρής απορροής, μεγάλης κλίσης, χαμηλού υψομέτρου. Ο τύπος ποταμού SsL1 αντιπροσωπεύει μικρούς πεδινούς και ημιορεινούς ποταμούς με σχετικά έντονη κλίση (>1,2 ‰), που εκβάλλουν στην ευρύτερη περιοχή του Νότιου Αιγαίου Πελάγους, και βρίσκονται βόρεια μέχρι τη νοητή γραμμή από το Πήλιο μέχρι και τη νήσο Λήμνο. Ο πιο κοινός τύπος ποταμών στη βιοπεριοχή South Aegean. Βρίσκεται σε όλα τα Υδατικά Διαμερίσματα και αντιπροσωπεύει τη συντριπτική πλειοψηφία των ποταμών των νησιών του Αιγαίου και της Κρήτης. Σε επίπεδο χώρας, ως προς το μήκος, αντιπροσωπεύει το 15,9%.

Τα Υδατικά Συστήματα χαρακτηρίζονται ως λιμναία εάν η έκτασή τους είναι μεγαλύτερη των 0,5 km<sup>2</sup>. Οι προσδιοριστικοί παράγοντες των τύπων των λιμνών είναι για τις περισσότερες το βάθος και η έκταση (επιφάνεια λίμνης). Οι άλλοι παράγοντες που καθορίζουν την τυπολογία είναι η γεωλογία και το υψόμετρο (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2008). Οι τεχνητές λίμνες (φράγματα και λιμνοδεξαμενές) θεωρούνται εξ ορισμού, ανάλογα με την περίπτωση, είτε τεχνητά (ΤΥΣ), είτε ιδιαιτέρως τροποποιημένα υδατικά συστήματα (ΙΤΥΣ).

Στη Λήμνο υπάρχει το φράγμα Κονδιά το οποίο κατατάσσεται στα λιμναία υδατικά συστήματα και έχει χωρητικότητα 1.920.000 m<sup>3</sup> και χρησιμοποιείται για την άρδευση. Η έκταση της λεκάνης απορροής είναι 320 km<sup>2</sup> και η απορροή 2.84 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/έτος. Ο τύπος του υδατικού συστήματος είναι L-M8 δηλαδή ανήκει στην κατηγορία στους Ταμιευτήρες, βαθιοί, μεγάλοι, ασβεστολιθικοί, λεκάνες απορροής <20.000km<sup>2</sup> και ανήκει στα τροποποιημένα υδατικά συστήματα (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2014).

Όσον αφορά στα παράκτια ύδατα, τα οποία σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ ορίζονται εκείνα τα οποία βρίσκονται σε μέγιστη απόσταση ενός ναυτικού μιλίου από την ακτή, η Λήμνος αποτελείται από 3 παράκτια υδατικά συστήματα: ακτές Λήμνου και ακτές Αλυκής με μήκος ακτογραμμής 385,46 km, με βραχώδεις βαθιές ακτές και με σκληρό υπόστρωμα και τον κόλπο Μούδρου με μήκος 41,74km με πολύ προστατευόμενους κόλπους και με αμμώδες-ιλυώδες υπόστρωμα (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2014).

Τέλος όσον αφορά στα υπόγεια υδατικά συστήματα η Λήμνος αποτελείται από τα παρακάτω (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2014):

1. Σύστημα Φλυστικών σχηματισμών (Α), Ρωγματικός Τύπος και έκταση 222.9 km
2. Σύστημα Φλυστικών σχηματισμών (Β), Ρωγματικός Τύπος και έκταση 45 km
3. Σύστημα Αεροδρομίου, Κοκκώδης Τύπος και έκταση 23.7 km.
4. Σύστημα Ηφαιστειακών σχηματισμών (Α), Ρωγματικός Τύπος και έκταση 78.2 km.

5. Σύστημα Ηφαιστειακών σχηματισμών (B), Ρωγματικός Τύπος και έκταση 55.5 km.
6. Σύστημα Φλυσχοειδών ιζημάτων (A), Ρωγματικός Τύπος και έκταση 20 km.
7. Σύστημα Φλυσχοειδών ιζημάτων (A), Ρωγματικός Τύπος και έκταση 31.7 km.

### **3.5 Κλίμα - Μετεωρολογικά στοιχεία**

Η Λήμνος ανήκει κλιματολογικά στην Ζώνη Β σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ (ΦΕΚ 407/9.4.2010). Το κλίμα είναι μεσογειακό και χαρακτηρίζεται από καλοκαιρινή ξηρασία και χειμωνιάτικες βροχοπτώσεις, καθώς και χιονοπτώσεις που παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση από χρόνο σε χρόνο. Χαρακτηριστικό επίσης του καιρού της Λήμνου είναι οι Βορειοανατολικοί άνεμοι που πνέουν σταθερά όλο το χρόνο, μέτριοι εντάσεως 4 – 5 beaufort. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα επίσης, πνέουν πολύ θυελλώδεις άνεμοι που έχουν αγγίξει και τα επίπεδα του τυφώνα (περιστατικό Ιανουαρίου 2004 >12 beaufort) προκαλώντας υλικές ζημιές.

Το νησί διαθέτει ένα μετεωρολογικό σταθμό ο οποίος βρίσκεται σε υψόμετρο 3,0 μ., σε γεωγραφικό μήκος 25°14'Α και γεωγραφικό πλάτος 39°55'Β. Ο σταθμός λειτουργεί από το 1971, ανήκει στη ΕΜΥ, βρίσκεται εντός του αεροδρόμιου του νησιού και ανήκει στο Υπουργείο Γεωργίας, Διεύθυνση Σχεδιασμού Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Αξιοποίησης Εδαφοϋδατικών Πόρων, του Τμήματος Υδρολογίας. Από το 1989 λειτουργεί σταθμός κοντά στον οικισμό Ατσική, ο οποίος ανήκει στην Διεύθυνση Αγροτικής Μετεωρολογίας (ο σταθμός εξυπηρετεί καθαρά αγροτικούς σκοπούς). Υπάρχει ακόμη, ένας νέος αυτόματος μετεωρολογικός σταθμός που λειτουργεί από τα μέσα του καλοκαιριού του 2009 στο Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης στην Καλλιόπη και μετράει τις μετεωρολογικές παραμέτρους, θερμοκρασία, υγρασία, διεύθυνση και ταχύτητα ανέμου, βροχή και πίεση. Οι μετρήσεις πεδίου δίνουν πιο αξιόπιστες πληροφορίες σε σχέση με τα μαθηματικά μοντέλα και το βασικότερο είναι ότι είναι συνδεδεμένος με το διαδίκτυο.

#### **3.5.1. Ατμοσφαιρικά Κατακρημνίσματα – Θερμοκρασία – Βιοκλίμα**

Ο κύριος όγκος των κατακρημνισμάτων προέρχονται κυρίως υπό την μορφή υετού και λιγότερο με χιονοπτώσεις ή χαλαζοπτώσεις που λαμβάνουν χώρα τις χειμερινές περιόδους.

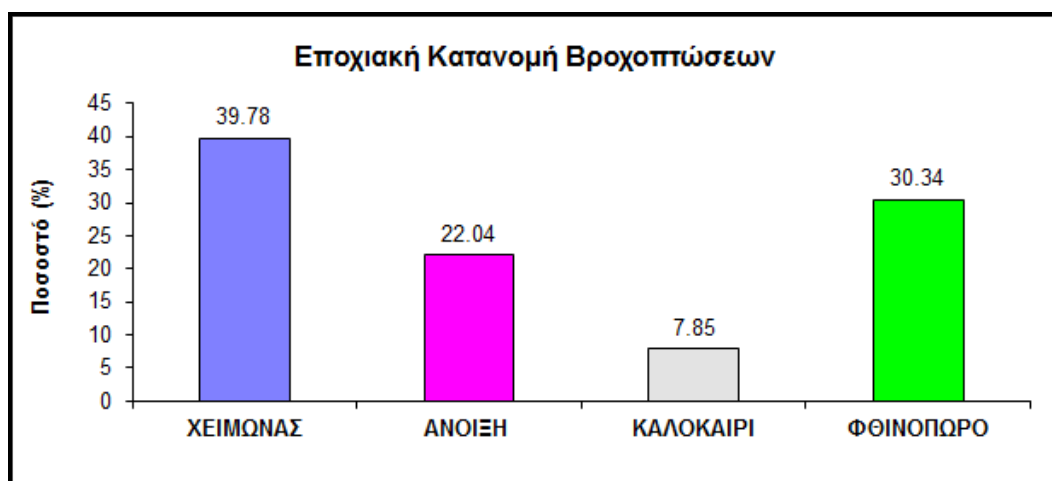


**Πίνακας 3.1.** Μηνιαία ύψη Υετού για τα έτη 1971-2010 του Μετεωρολογικού Σταθμού Λήμνου.

ΕΤΟΣ	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΟΛΙΚΟ
1971	68,00	148,30	176,00	45,20	4,90	29,50	27,00	2,80	22,40	46,50	26,50	68,00	665,10
1972	51,50	27,60	19,70	73,60	21,60		2,70	8,50	41,50	102,70	35,60		385,00
1973	75,30	62,60	55,40	30,00	2,60	10,80	21,80		52,90	17,00	36,20	42,30	406,90
1974	56,20	44,10	112,40	59,40	52,00	44,50		0,20	12,00	16,50	168,60	154,50	720,40
1975	142,70	32,90	62,20	59,90	45,30	62,10	12,30	39,90	0,20	144,20	163,70	116,00	881,40
1976	25,20	39,50	19,60	17,00	12,00	32,90	16,80	24,70	6,00	158,10	49,80	77,50	479,10
1977	103,70	15,10	40,60	2,00	5,60	45,10	3,70		37,20	4,00	41,40	30,70	329,10
1978	68,90	82,00	86,20	64,40	55,30	1,40		1,30	167,00	31,10	28,80	33,80	620,20
1979	96,10	52,90	23,40	26,40	38,80	8,20	30,40	11,40	1,40	48,80	59,30	50,80	447,90
1980	94,00	19,70	56,40	35,50	33,60	21,90	34,30	4,30	1,00	1,80	43,40	96,40	442,30
1981	185,60	23,20	13,20	12,60	36,60	0,60	9,80	0,60	1,00	28,40	123,20	64,40	499,20
1982	50,40	56,80	37,60	104,40	29,90	4,00	7,00	4,30		43,00	85,60	46,50	469,50
1983	9,40	53,30	25,20	1,70	28,50	33,50	18,30	13,80	24,20	4,70	49,30	115,30	377,20
1984	104,50	42,00	95,00	40,00	12,40	2,90	1,90	22,50		1,30	11,90	20,50	354,90
1985	116,80	18,40	64,40	3,00	3,70	0,40	1,80	1,30		28,60	52,30	28,20	318,90
1986	79,20	93,70	9,40	22,50	6,90	43,30	0,40			12,30	12,10	76,10	355,90
1987	39,20	52,40	76,00	40,90	9,80	0,40	11,30	2,10	0,70	5,20	158,10	68,70	464,80
1988	29,20	95,00	73,70	14,40	0,10	42,70	1,90		14,60	3,30	158,30	79,30	512,50
1989		2,00	79,10	8,10	24,10	18,50		0,90		40,40	39,90	56,80	269,80
1990	27,80	25,60	2,60	36,20	1,50	9,20	25,20		67,30	38,50	35,50	246,60	516,00
1991	16,90	55,00	35,10	65,00	100,80	5,20	5,00	5,20	21,20	106,00	88,20	25,00	528,60
1992		23,00	30,20	39,20	11,00	39,10	1,90			44,60	39,70	56,60	285,30
1993	0,40	14,10	40,00	9,80	13,60	0,70	6,50	0,20	3,60	16,50	167,50	28,10	301,00
1994	91,70	51,30	40,20	34,40	20,20	5,70	9,60	9,40	3,40	54,30	66,50	94,60	481,30
1995	176,30	6,30	62,70	44,50	2,00		6,00		78,10	32,00	84,50	102,20	594,60
1996	29,20	167,20	30,70	11,80	23,60			0,30	43,60	22,70	31,60	71,20	431,90
1997	38,30	31,30	63,00	88,10	8,30		31,90	24,20		22,60	24,20	190,20	522,10
1998	49,40	118,20	113,20	0,60	52,10		4,30		128,10	104,20	206,30	48,70	825,10
1999	50,60	94,50	142,80	16,90	3,30	19,70	2,80	1,20	18,90	22,90	75,50	43,00	492,10
2000	6,20	42,60	23,90	32,70	18,40	1,70		0,10	8,80	83,50	39,40	18,70	276,00
2001	65,60	27,00	3,20	111,50	14,40				8,00		106,40	113,80	449,90
2002	64,60	7,60	86,30	81,40	9,00	0,10	33,10	38,20	96,20	159,60	175,70	182,30	934,10
2003	49,60	81,70	12,30	71,10	40,30				30,70	43,60	29,30	188,20	546,80
2004	241,40	12,90	34,40	43,60	11,10	26,20		5,60	1,10	1,50	59,00	90,80	527,60
2005	50,40	165,70	41,80	6,80	28,10	5,20	28,60	7,30	58,80	15,60	166,80	67,80	642,90
2006	39,60	51,70	107,60	11,30	5,00	40,20	48,30	13,30	143,30	62,50	96,70	9,90	629,40
2007	45,90	80,10	10,00	0,90	8,00	0,10				39,30	117,60	96,30	398,20
2008	57,60	4,80	7,80	98,30	5,80	9,00	15,80	1,90	22,30	12,00	27,80	89,10	352,20
2009	111,10	50,30	113,10	14,70	7,80	27,00			38,90	23,20	74,20	183,20	643,50
2010	46,90	222,00	29,00	17,60	21,50	21,50	36,50		15,40	148,90	16,40	71,70	647,40
<b>ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ</b>	241,40	222,00	176,00	111,50	100,80	62,10	48,30	39,90	167,00	159,60	206,30	246,60	
<b>ΕΛΑΧΙ ΣΤΟ ΥΨΟΣ</b>	0,40	2,00	2,60	0,60	0,10	0,10	0,40	0,10	0,2	1,30	11,90	9,90	
<b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ</b>	69,37	53,21	52,98	38,56	21,06	18,22	12,60	9,45	37,70	43,78	78,80	80,78	

Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας, Διεύθυνση Σχεδιασμού Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Αξιοποίησης Εδαφοδατικών Πόρων, Τμήμα Υδρολογίας

Για την αποτύπωση των κλιματολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης πάρθηκαν τα βροχομετρικά και θερμοκρασιακά στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού στο αεροδromίου της Λήμνου από το 1971 έως το 2010. Στον πίνακα 3.1 παρουσιάζονται αναλυτικά τα δεδομένα των μηνιαίων υψών υετού σε χιλιοστά για τα έτη 1971 έως και το 2010. Η μέση ετήσια βροχόπτωση για τα έτη που αναλύονται ανέρχεται σε 524,7 χιλιοστά με μεγαλύτερο ύψος κατά το μήνα Δεκέμβριο και μικρότερο αυτό του Αυγούστου. Στο σχήμα 3.1 φαίνεται η κατανομή των βροχοπτώσεων, κατά τις τέσσερις εποχές του έτους και όπως είναι αναμενόμενο μεγαλύτερες τιμές βροχοπτώσεων, έχουμε κατά τις περιόδους του χειμώνα και φθινοπώρου.



Σχήμα 3.1. Εποχιακή κατανομή βροχοπτώσεων

Δεδομένου ότι τα θερμοκρασιακά στοιχεία που είχαμε αφορούσαν την 30ετία 1974-2004, χρησιμοποιήθηκαν για την περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων και τα βροχομετρικά στοιχεία των ετών αυτών προκειμένου να γίνει σωστός υπολογισμός του μικροκλίματος της περιοχής μελέτης.

Έτσι έχουμε τα παρακάτω βροχομετρικά και θερμοκρασιακά δεδομένα.

ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1974-2004	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΣΥΝΟΛΟ
Μέσος Όρος	72.7	47.8	51.5	38.7	23.4	18.8	12.0	9.6	32.3	44.1	79.8	84.4	515.0

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΛΗΜΝΟΥ												
ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1974-2004	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.
Μέσος Όρος	7.48	7.74	9.75	13.69	18.49	23.67	25.96	25.25	21.50	16.90	12.39	9.09
Μέση Ελάχιστη	4.26	4.35	5.98	8.75	12.90	17.10	20.10	20.35	16.58	12.83	9.07	5.97
Μέση Μέγιστη	10.61	10.91	12.83	17.04	21.94	27.14	29.35	28.77	25.25	20.39	15.55	12.14

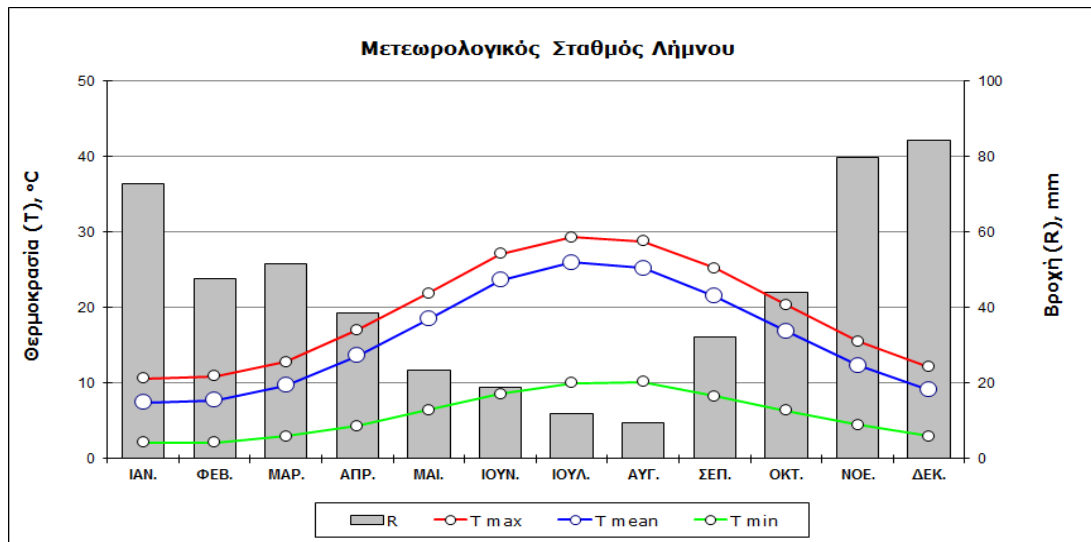
Στο Ομβροθερμικό διάγραμμα που φαίνεται στο Σχήμα 3.2, έχουν αποτυπωθεί οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες και η μέση μηνιαία βροχόπτωση, σε κλίμακα 2:1 (άξονας βροχόπτωσης διπλάσιος του άξονα θερμοκρασιών  $R = 2T$ ). Από το διάγραμμα αυτό φαίνεται ότι η ξηρή περίοδος (η περιοχή που ορίζεται από τα σημεία στα οποία οι καμπύλες θερμοκρασίας και βροχόπτωσης τέμνονται) έχει διάρκεια περίπου 5 μήνες (από αρχές Μαΐου έως τέλος Σεπτεμβρίου). Το διάστημα όπου  $R < 2T$  ονομάζεται ξηροθερμική περίοδος και σύμφωνα με τις θεωρίες του Gaussen τα φυτά υποφέρουν κατά την περίοδο αυτή.

Σχήμα 3.2. Ομβροθερμικό διάγραμμα Σταθμού Λήμνου



Σχήμα 3.3. Ομβροθερμικό διάγραμμα Σταθμού Λήμνου

Μια γενικότερη εικόνα του Ομβροθερμικού διαγράμματος φαίνεται στο Σχήμα 3.3 και αποτυπώνει πέραν των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών και της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης και τις παραμέτρους της μέσης ελάχιστης μηνιαίας θερμοκρασίας και μέσης μέγιστης μηνιαίας Θερμοκρασίας.

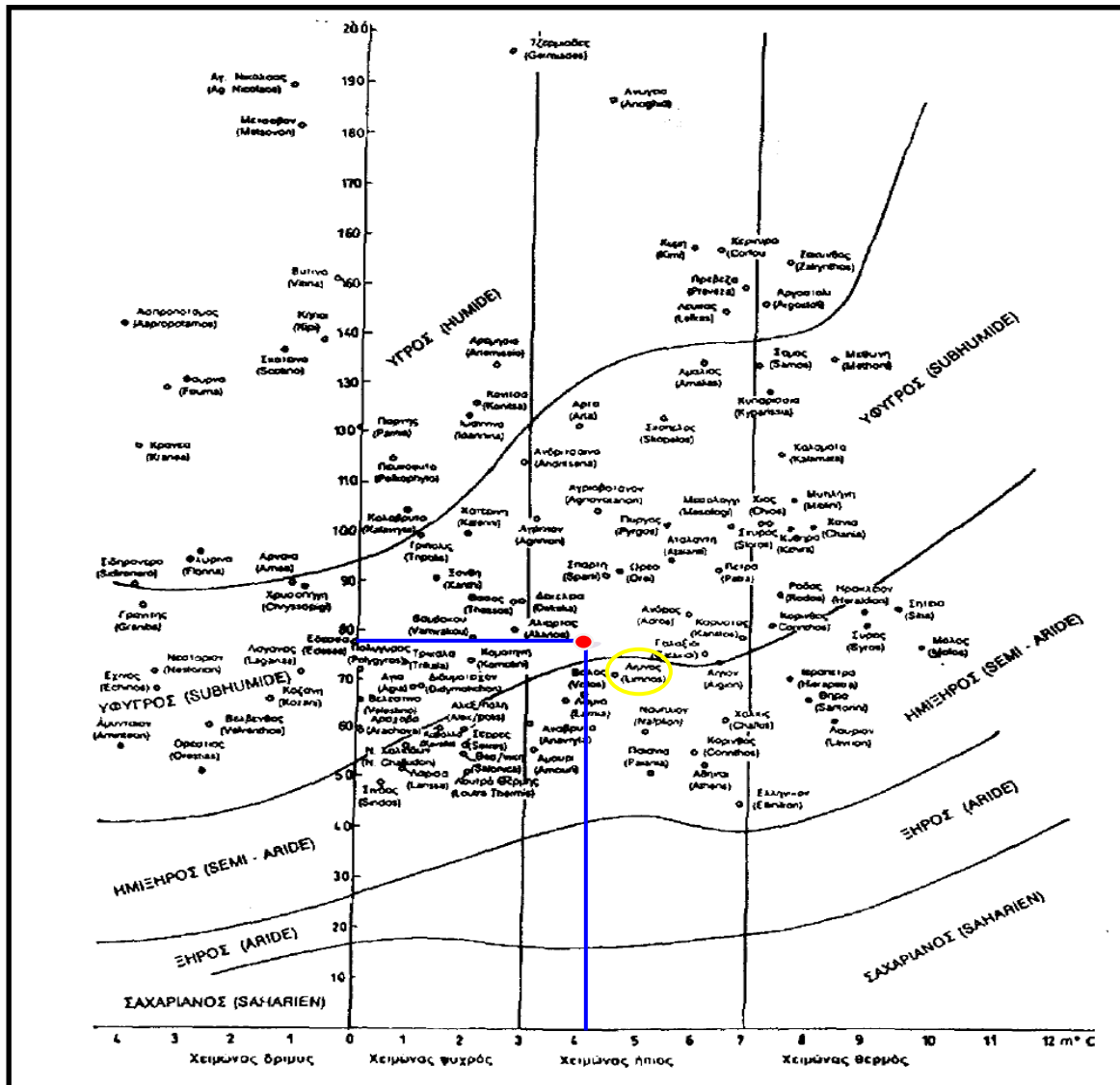


Για τον προσδιορισμό του βιοκλίματος μιας περιοχής αναπτύχθηκαν διάφορες μέθοδοι. Βιοκλίμα μιας περιοχής χαρακτηρίζεται η βιολογική έκφραση του περιβάλλοντος και κυρίως του κλίματός της μέσω της φυσικής της βλάστησης. Η διερεύνηση του βιοκλίματος βασίζεται σε μια ιδιαίτερη αντιμετώπιση του κλίματος και ενδιαφέρει περισσότερο τους βιολόγους και γενικότερα τους ασχολούμενους με εφαρμοσμένες βιολογικές επιστήμες. Μια από τις περισσότερο χρησιμοποιούμενες και πιο κατάλληλες για την περιοχή της Μεσογείου είναι και η μέθοδος Emburger-Sauvage. Με τη μέθοδο αυτή ορίζονται βιοκλιματικοί όροφοι, οι οποίοι ανταποκρίνονται στη διαδοχή του βιοκλίματος σύμφωνα με την μεταβολή της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης, είτε κατά ύψος, είτε κατά γεωγραφικό πλάτος. Ειδικά η κατά ύψος μεταβολή των κλιματικών αυτών στοιχείων εκφράζεται με την κατά ύψος διαδοχή της βλάστησης ή διαφορετικά τους ορόφους βλάστησης. Στον κατακόρυφο άξονα ενός διαγράμματος Emburger-Sauvage αντιπροσωπεύεται το ομβροθερμικό πηλίκο  $Q_2$  για κάθε μετεωρολογικό σταθμό:

$$Q_2 = \frac{1000 \times P}{\frac{(M + m)}{2} \times (M - m)}$$

Όπου P η ετήσια βροχόπτωση σε mm, M ο μέσος όρος των μέγιστων θερμοκρασιών του θερμότερου μήνα σε απόλυτους βαθμούς ( $^{\circ}\text{K}$ ,  $T^{\circ}\text{K} = 273,2 + \theta$   $^{\circ}\text{C}$ ) και m ο μέσος όρος των ελάχιστων θερμοκρασιών του ψυχρότερου μήνα, επίσης σε απόλυτους βαθμούς. Στην τετμημένη του διαγράμματος αντιπροσωπεύεται ο m, σε  $^{\circ}\text{C}$ .

Παρατηρούμε ότι ο όρος  $(M+m)/2$  αποτελεί τη βιολογική μέση θερμοκρασία γιατί οι ακραίες θερμοκρασίες επηρεάζουν τη βλάστηση. Επίσης ο όρος  $M-m$  δείχνει το εύρος ηπειρωτικότητας του κλίματος και έμμεσα εκφράζει και τον παράγοντα "εξάτμιση". Όσο μικρότερος είναι ο δείκτης  $Q_2$ , τόσο ξηρότερο είναι το κλίμα. Με βάση τις τιμές του  $Q_2$  και την τιμή του  $m$  συντάσσει ο Emburger τα λεγόμενα κλιματικά διαγράμματα.



Σχήμα 3.4 Κλιματόγραμμα του Emburger

Στο σχήμα (3.4) παρουσιάζεται το κλιματόγραμμα του Emburger, όπως τροποποιήθηκε από τον Sauvage και στο οποίο τοποθετήθηκαν από τον Μαυρομάτη οι μετεωρολογικοί σταθμοί της Ελλάδας με βάση τις συντεταγμένες  $Q_2$  και  $m$ . Ο Μαυρομάτης διακρίνει: τέσσερις βιοκλιματικούς ορόφους, Υγρό, Ύφυγρο, Ξηρό και

Ημίξηρο και τέσσερις υποορόφους με βάση την τιμή του  $m$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) σε χειμώνα θερμό ( $m > 7^{\circ}\text{C}$ ), χειμώνα ήπιο ( $3^{\circ}\text{C} < m < 7^{\circ}\text{C}$ ), χειμώνα ψυχρό ( $0^{\circ}\text{C} < m < 3^{\circ}\text{C}$ ) και χειμώνα δριμύ ( $-10^{\circ}\text{C} < m < 0^{\circ}\text{C}$ ).

Έτσι, σύμφωνα με τα υπάρχοντα στοιχεία για το Μετεωρολογικό Σταθμό (Μ.Σ.) Λήμνου, για τα έτη 1974-2004 υπολογίζεται το ομβροθερμικό πηλίκιο Emberger:

$M=302,55\text{K}$ ,  $m=277,46\text{K}$ ,  $P=515\text{ mm}$  και επομένως  $Q_2=70,78$

Ο υπολογισθέντας δείκτης  $Q_2$  καθώς και ο δείκτης  $m$ , δηλώνει ότι ο βιοκλιματικός όροφος της περιοχής μελέτης, είναι ύφυγρος προς ημίξηρος με υποόροφο χειμώνα ήπιο και με μέση ετήσια θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα σε  $^{\circ}\text{C}$   $3 < m < 7$ . Στο σχήμα 3.2 παρουσιάζεται ο Χάρτης Βιοκλιματικών Ορόφων σύμφωνα με το διάγραμμα του Emberger κατά Μαυρομάτη για την Ελλάδα. Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας συμπίπτουν εν μέρει με τα στοιχεία που δίνει ο Μαυρομάτης για την περιοχή μελέτης.

### **3.6 Τουρισμός**

Η Λήμνος όπως και ολόκληρο το Β. Αιγαίο κατατάσσεται στις περιοχές με μικρή τουριστική συγκέντρωση. Η συγκέντρωση της τουριστικής δραστηριότητας στο δυτικό τμήμα του νησιού και ειδικά στην περιοχή Θάνους, Πλατύ, Μύρινας, Κάσπακα (με μικρή εξαίρεση το Μούδρο), είναι αποτέλεσμα του προσανατολισμού σε κλασικού τύπου προφερόμενο προϊόν (ενδιαφέροντες οικισμοί, παραλίες, εξυπηρετήσεις), αλλά και της αποψίλωσης του υπόλοιπου νησιού από το ανθρώπινο δυναμικό, των ελλείψεων της υποδομής και της συγκέντρωσης της συνολικής οικονομικής και κοινωνικής δραστηριότητας στην περιοχή γύρω από το βασικό ημιαστικό κέντρο. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ανάπτυξη και εναλλακτικής μορφής τουρισμού με την λειτουργία αθλητικών θαλάσσιων δραστηριοτήτων στην περιοχή του Κέρους.

Βάσει των στοιχείων που παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα για το έτος 2008, το σύνολο των ξενοδοχείων στο Δήμο Λήμνου – όλων των λειτουργικών μορφών – ανέρχεται σε 27 μονάδες με συνολικά 965 δωμάτια και 1979 κλίνες. Τα περισσότερα ξενοδοχεία χωροθετούνται στη Δημοτική Ενότητα Μύρινας (23 μονάδες σε Μύρινα,

Κάσπακα και Πλατύ), δύο (2) στη Δημοτική Ενότητα Νέας Κούταλης (Κοντιάς) και τρία (3) στη Δημοτική Ενότητα Μούδρου (Μούδρος).

**Πίνακας 3.2. Εξέλιξη του αριθμού των κλινών των ξενοδοχείων της Λήμνου 1988-2007**

Κοινότητες	Αριθμός μονάδων/αριθμός κλινών				
	1988	1993	1995	1997	2007
Μύρινας	8/599	12/761	15/912	17/1262	19/1313
Κάσπακα		46.753	46.753	46.753	46.753
Πλατέος		1/323	1/323	1/323	1/323
Μούδρου	14.977	27.820	27.820	27.820	27.820
Κοντοπουλίου			1/550	*	*
<b>Σύνολο</b>	<b>9/640</b>	<b>17/1118</b>	<b>21/1889</b>	<b>22/1689</b>	<b>25/1740</b>

*Πηγή: Περιφερειακή Ενότητα Λήμνου*

**Πίνακας 3.3. Ξενοδοχεία ανά λειτουργική μορφή (2008)**

Λειτουργική Μορφή	Αριθμός	Αριθμός Δωματίων	Αριθμός Κλινών
Ξενοδοχείο	15	805	1664
Ξενοδοχείο τύπου επιπλωμένων διαμερισμάτων	8	120	236
Παραδοσιακά καταλύματα τύπου κλασικού ξενοδοχείου	3	31	61
Παραδοσιακά καταλύματα τύπου επιπλωμένων διαμερισμάτων	1	9	18
<b>Σύνολο</b>	<b>27</b>	<b>965</b>	<b>1979</b>

*Πηγή: EOT*

Η προσέγγιση του αριθμού των ενοικιαζομένων δωματίων είναι περισσότερο δυσχερής λόγω της έλλειψης στοιχείων και της ύπαρξης κατά την προηγούμενη δεκαετία σημαντικού αριθμού μη δηλωμένων καταλυμάτων.

Σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία του ΕΟΤ, το 1985 λειτουργούσαν στη Λήμνο δύο (2) μονάδες επιπλωμένων διαμερισμάτων συνολικής δυναμικότητας 49 κλινών, ενώ το 1991 τα αντίστοιχα μεγέθη διαμορφώνονται σε πέντε (5) μονάδες με 131 κλίνες, το 1992 εμφανίζεται εντυπωσιακή αύξηση του αριθμού των δωματίων και των κλινών, οι οποίες ανέρχονται σε 543 για να αυξηθούν περίπου σε 800 το 1997. Σε κάθε περίπτωση εκτιμάται ότι παρουσιάζεται περίπου διπλασιασμός των ενοικιαζομένων δωματίων από το 1988 μέχρι σήμερα. Για το έτος 2008 και στο σύνολο των τεσσάρων (4) Δημοτικών Ενοτήτων της Λήμνου, τα καταλύματα (δωμάτια, τουριστικές επιπλωμένες κατοικίες και διαμερίσματα) ανέρχονται σε 76 με 507 δωμάτια και 1.047 κλίνες.

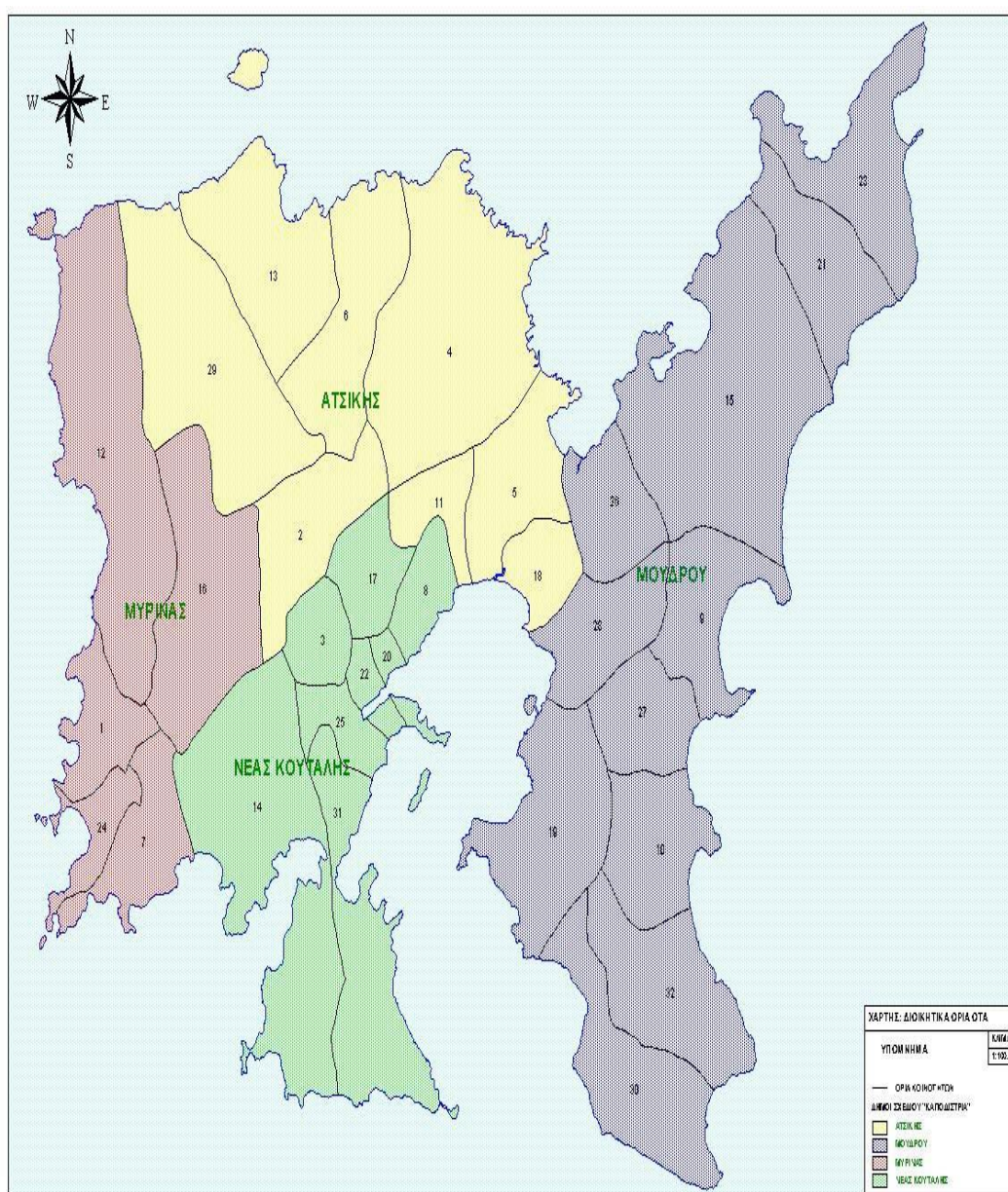
**Πίνακας 3.4. Καταλύματα Δήμου Λήμνου ανά είδος (2008)**

Περιοχή	Είδος Καταλύματος	Αριθμός Μονάδων	Αριθμός Δωματίων	Αριθμός Κλινών
Μύρινα	Δωμάτια	20	151	326
	Διαμερίσματα	5	42	82
Κάσπακας	Δωμάτια	4	20	40
	Διαμερίσματα	9	51	87
	Τουριστικές Επιπλωμένες Κατοικίες	2	10	30
Θάνος	Δωμάτια	1	9	18
	Διαμερίσματα	2	13	30
Πλατύ	Δωμάτια	11	79	158
	Διαμερίσματα	7	46	91
Κοντιάς	Δωμάτια	2	9	18
	Διαμερίσματα	1	7	12
	Τουριστικές Επιπλωμένες Κατοικίες	1	2	10
Νέα Κούταλη	Δωμάτια	1	5	9
Ατσική	Δωμάτια	2	8	16
Μούδρος	Δωμάτια	1	10	20
	Διαμερίσματα	1	7	12
Ρωμανού	Δωμάτια	1	4	8
Καλλιόπη	Διαμερίσματα	1	10	20
Ρεπανίδι	Δωμάτια	2	16	32
	Τουριστικές Επιπλωμένες Κατοικίες	1	2	10
Καρπάσι	Τουριστικές Επιπλωμένες Κατοικίες	1	6	18
<b>Σύνολο Λήμνου</b>		<b>76</b>	<b>507</b>	<b>1047</b>



### 3.7. Ανθρωπογενές Περιβάλλον

Όπως προαναφέρθηκε, η Λήμονος αποτελείται από ένα Δήμο (Δήμος Λήμονος) και τέσσερις (4) Δημοτικές Ενότητες, τη Δημοτική Ενότητα Μύρινας, τη Δημοτική Ενότητα Μούδρου, τη Δημοτική Ενότητα Αττικής και τη Δημοτική Ενότητα Νέας Κούταλης, οι οποίες ταυτίζονται με τα όρια των Δήμων που συνενώθηκαν για τη δημιουργία του. Ο Δήμος Λήμονος μαζί με το Δήμο του Αγίου Ευστρατίου, αποτελούν την Περιφερειακή Ενότητα Λήμονος και εντάσσονται στη Περιφερειακή Ενότητα Βορείου Αιγαίου.



Σχήμα 3.5. Καλλικρατικές Δημοτικές Ενότητες Δήμου Λήμονος  
Πηγή: ΤΑΠ Λήμονος

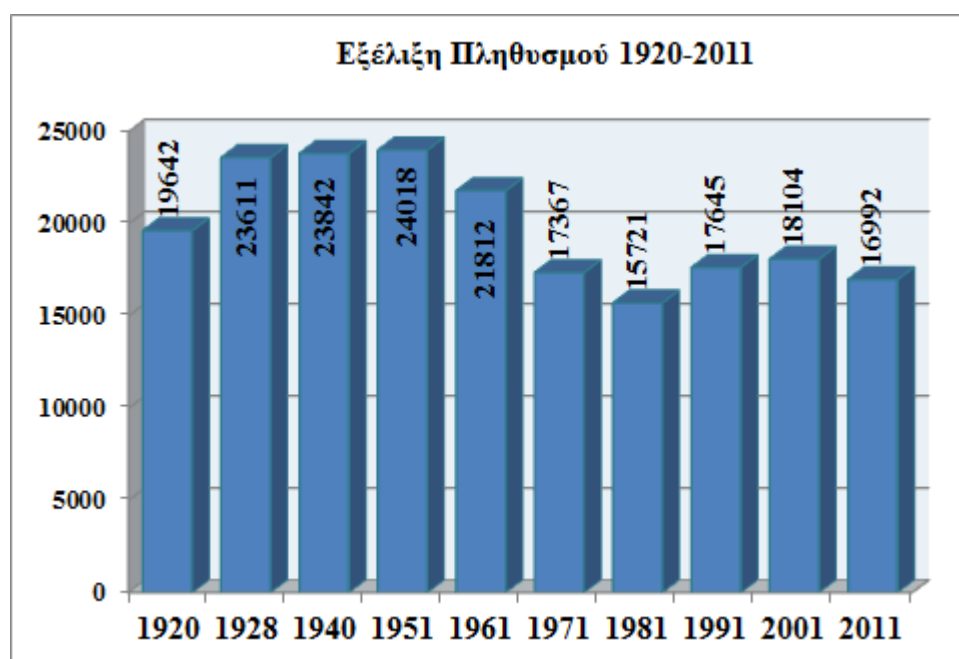
### 3.7.1 Δημογραφικά Στοιχεία

Η στατιστική υπηρεσία διαθέτει στοιχεία του πληθυσμού της περιοχής από την απογραφή του 1920. Ο πίνακας 3.6 και το σχήμα 3.6 παρουσιάζουν την πληθυσμιακή μεταβολή από το 1920 έως την τελευταία απογραφή του 2011, στην οποία ο μόνιμος πληθυσμός της Λήμνου ανέρχεται στους 16.992.

Στον Δήμο Λήμνου, το 45,4% του πληθυσμού συγκεντρώνεται στη Δημοτική Ενότητα Μύρινας, και ο υπόλοιπος πληθυσμός σε τρεις δημοτικές; ενότητες (Μούδρου 26,7%, Αττικής 14,2% και Νέας Κούταλης 13,7%) (Πίνακας 3.7 & 3.8).

**Πίνακας 3.5.** Πληθυσμιακή ανάπτυξη της Λήμνου

Χρονολογία απογραφής του πληθυσμού	Πληθυσμός
1920	19,642
1928	23,611
1940	23,842
1951	24,018
1961	21,812
1971	17,367
1981	15,721
1991	17,645
2001	18,104
2011	16,992



**Σχήμα 3.6.** Διάγραμμα πληθυσμιακής ανάπτυξης της Λήμνου

**Πίνακας 3.6.** Εξέλιξη του μόνιμου πληθυσμού Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου και Περιφερειακής Ενότητας Λήμνου και Δήμων (1991-2001-2011). Πηγή: PRISMA, Τριανταφυλλίδης & Μάνδουλας, 2013, Α.1.1.β.1.4.α/4

	Πληθυσμός			ΜΕΡΜ (%)		Μεταβολή (%)	
	1991	2001	2011	1991-2001	2001-2011	1991-2001	2001-2011
Χώρα	10.233.392	10.394.097	10.787.690	0,67	-0,13	7,0	-1,3
Περιφέρεια Β. Αιγαίου	201.363	205.235	197.810	0,19	-0,37	1,9	-3,6
<b>Περιφερειακή Ενότητα Λήμνου</b>	<b>17.963</b>	<b>17.852</b>	<b>17.270</b>	<b>-0,06</b>	<b>-0,33</b>	<b>-0,6</b>	<b>-3,3</b>
Δήμος Λήμνου	17.712	17.545	17.000	-0,09	-0,32	-0,9	-3,1
Δήμος Αγίου Ευστρατίου	251	307	270	2,03	-1,28	22,3	-12,1

**Πίνακας 3.7.** Εξέλιξη του πληθυσμού Περιφερειακής Ενότητας Λήμνου κατά Δήμο και Δημοτικής Ενότητα (2001-2011). Πηγή: PRISMA, Τριανταφυλλίδης & Μανδουλάς, 2013, Α.1.1.β.1.4.α/4

	Πληθυσμός 2001	Δ.Ε./Δήμο (%)	Δήμος/Π.Ε. (%)	Πληθυσμός 2011	Δ.Ε./Δήμο (%)	Δήμος/Π.Ε. (%)
<b>Περιφερειακή Ενότητα Λήμνου</b>	<b>17.288</b>			<b>16.376</b>		
<i>Δήμος Λήμνου</i>	<b>16.785</b>		<b>97,1</b>	<b>15.760</b>		<b>96,2</b>
Δημοτική Ενότητα Μύρινας	6.488	38,7		7.162	45,4	
Δημοτική Ενότητα Αττικής	2.759	16,4		2.236	14,2	
Δημοτική Ενότητα Μούδρου	5.041	30,0		4.206	26,7	
Δημοτική Ενότητα Νέας Κούταλης	2.497	14,9		2.156	13,7	
<i>Δήμος Αγίου Ευστρατίου</i>	<b>503</b>		<b>2,9</b>	<b>616</b>	<b>3,8</b>	

### 3.7.2. Κοινωνικά Στοιχεία

Σχετικά με την ανεργία στο Δήμο Λήμνου, βάσει των στοιχείων των απογραφών της ΕΣΥΕ (2001, 2011), διαπιστώνεται ότι ενώ έχει σημειωθεί αύξηση του οικονομικά ενεργού πληθυσμού και των απασχολούμενων εντούτοις παρατηρείται σημαντική αύξηση της ανεργίας η οποία ανήλθε στο 36,31% το 2011.

**Πίνακας 3.8.** Οικονομικά μη ενεργός πληθυσμός. Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ. 2001, 2011

Γεωγραφική Περιοχή	Οικονομικός Μη Ενεργός 2011	Οικονομικός Μη Ενεργός 2001	Μεταβολή 2001-2011 (%)
Σύνολο Χώρας	859.958	513.379	67,5%
Περιφέρεια Β. Αιγαίου	10.727	7.659	41,1%
Νομός Λέσβου	5.669	4005	41,5%
Περιφερειακή Ενότητα Λήμνου	849	622	36,5%
Δήμος Λήμνου	841	617	36,3%

Διαπιστώνεται λοιπόν πως ενώ στην περιοχή του Δήμου Λήμνου η απασχόληση στο σύνολό της γνώρισε αύξηση κατά την τελευταία δεκαετία (2001-2011), η ανεργία συνεχίζει να παραμένει σε υψηλά επίπεδα και να αποτελεί ένα από τα κύρια προβλήματα του τοπικού πληθυσμού.

### 3.7.3. Χρήσεις γης

Η συνολική έκταση της Λήμνου είναι 484.648 στρέμματα. Σύμφωνα με τα στοιχεία του CORINE 2000, το ένα τρίτο της έκτασής της καλύπτεται από φυσικούς βοσκότοπους. Σημαντική έκταση που αναλογεί στο 27,4% της συνολικής έκτασης καλύπτεται από μη αρδύσιμη αρόσιμη γη, ενώ μικρότερο ποσοστό 18,6% αποδίδεται σε γεωργική γη με σημαντικής εκτάσεις φυσικής βλάστησης ενώ δασικές εκτάσεις συνεχίζουν να μην υφίστανται.

**Πίνακας 3.9. Χρήσεις γης Δήμου Λήμνου**

Γεωγραφική Περιοχή	Αριθμός Δημοτικών Ενοτήτων	Σύνολο εκτάσεων	Καλλιεργούμενες εκτάσεις και αγροαναυσίες	Βοσκότοποι	Δάση	Εκτάσεις καλυπτόμενες από νερά	Εκτάσεις οικισμών (κτίρια, δρόμοι, κ.λ.π.)	Άλλες εκτάσεις
Δ.Ε. Ατσικής		133,5	61,6	49,8	19,2	0	2,7	0,2
Δ.Ε. Μούδρου		178,6	105,1	46,3	5,9	13,9	1,8	5,6
Δ.Ε. Μύρινας		82	13,9	40,4	23,1	0	1,4	3,2
Δ.Ε. Νέας Κούταλης		75,7	35,3	22,8	13,4	0,3	2	1,9
<b>Δήμος Λήμνου</b>	<b>4</b>	<b>469,8</b>	<b>215,9</b>	<b>159,3</b>	<b>61,6</b>	<b>14,2</b>	<b>7,9</b>	<b>10,9</b>

Πηγή: Τοπικό Αναπτυξιακό Πρόγραμμα πρώην Δήμου Μύρινας (Απογραφή ΕΣΥΕ 2001)

Στον Πίνακα 3.10 φαίνεται η κατανομή των χρήσεων γης στο Δήμο Λήμνου και το ποσοστό του είδους κάλυψης επί της επιφάνειας του Δήμου.

**Πίνακας 3.10.** Κάλυψη Χρήσεων Γης της νήσου Λήμνου. Πηγή: CORINE 2000

Είδος Κάλυψης	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	Εμβαδόν σε εκτάρια	Ποσοστό επί της επιφάνειας του Δήμου	Ποσοστό επί της επιφάνειας της Περιφέρειας
Ακαθόριστο	8.099.561	809,96	1,7%	0,21%
Διακεκομμένη αστική οικοδόμηση	4.129.822	412,98	0,9%	0,11%
Βιομηχανικές ή εμπορικές ζώνες	1.611.937	161,19	0,3%	0,04%
Αεροδρόμια	2.902.741	290,27	0,6%	0,08%
Χώροι εξορύξεως ορυκτών	428.338	42,83	0,1%	0,01%
Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής	281.643	28,16	0,1%	0,01%
Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη	132.823.206	13.282,32	27,4%	3,44%
Λιβάδια	4.673.826	467,38	1,0%	0,12%
Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας	34.125.513	3.412,55	7,0%	0,88%
Γη που καλύπτεται κυρίως από τη γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης	90.085.882	9.008,59	18,6%	2,33%
Φυσικοί βοσκότοποι	188.350.895	18.835,09	38,9%	4,88%
Σκληροφυλλική βλάστηση	1.993.699	199,37	0,4%	0,05%
Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές	1.645.064	164,51	0,3%	0,04%
Παραθαλάσσιοι βάλτοι	9.154.331	915,43	1,9%	0,24%
Παράκτιες Λιμνοθάλασσες	4.341.478	434,15	0,9%	0,11%
<b>Σύνολο Δήμου Λήμνου</b>	<b>484.647.934</b>	<b>48.464,79</b>	<b>100,0%</b>	<b>12,55%</b>

#### 3.7.4. Ενέργεια

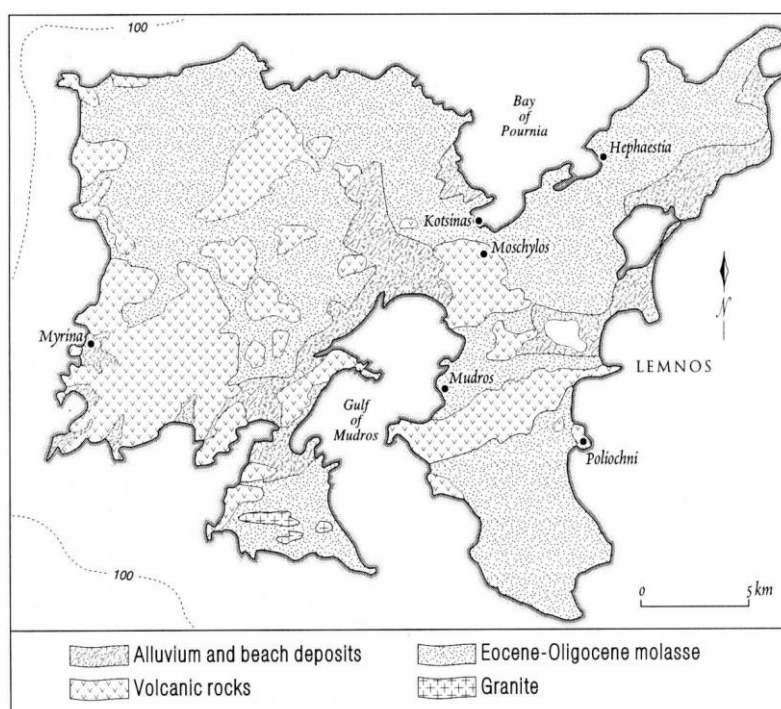
Όλοι οι οικισμοί του νησιού είναι ηλεκτροδοτημένοι και σύμφωνα με τα στοιχεία της ΔΕΗ υπάρχει επάρκεια ηλεκτρικής ενέργειας. Η εγκατεστημένη ισχύ του εργοστασίου είναι 10,5MW και βρίσκεται στην θέση Αυλώνα.

Υπάρχουν δύο Αιολικά Πάρκα στην Λήμνο με 8 ανεμογεννήτριες ισχύος 55 KW έκαστη στη θέση Βούναρος και 2 ανεμογεννήτριες ισχύος 900 KW έκαστη, στη θέση Άγιο Σώζοντα.

Τα τελευταία χρόνια έχει εκδηλωθεί ισχυρό ενδιαφέρον για την αξιοποίηση του πολύ σημαντικού αιολικού δυναμικού αλλά και την αξιοποίηση άλλων μορφών ΑΠΕ χωρίς όμως να είναι άμεσα εφικτή η υλοποίηση επενδύσεων, καθώς το τοπικό δίκτυο είναι περιορισμένης δυναμικότητας και δεν προβλέπεται η διασύνδεσή του με την ηπειρωτική χώρα ή με άλλα νησιά.

### 3.8. Γεωλογία

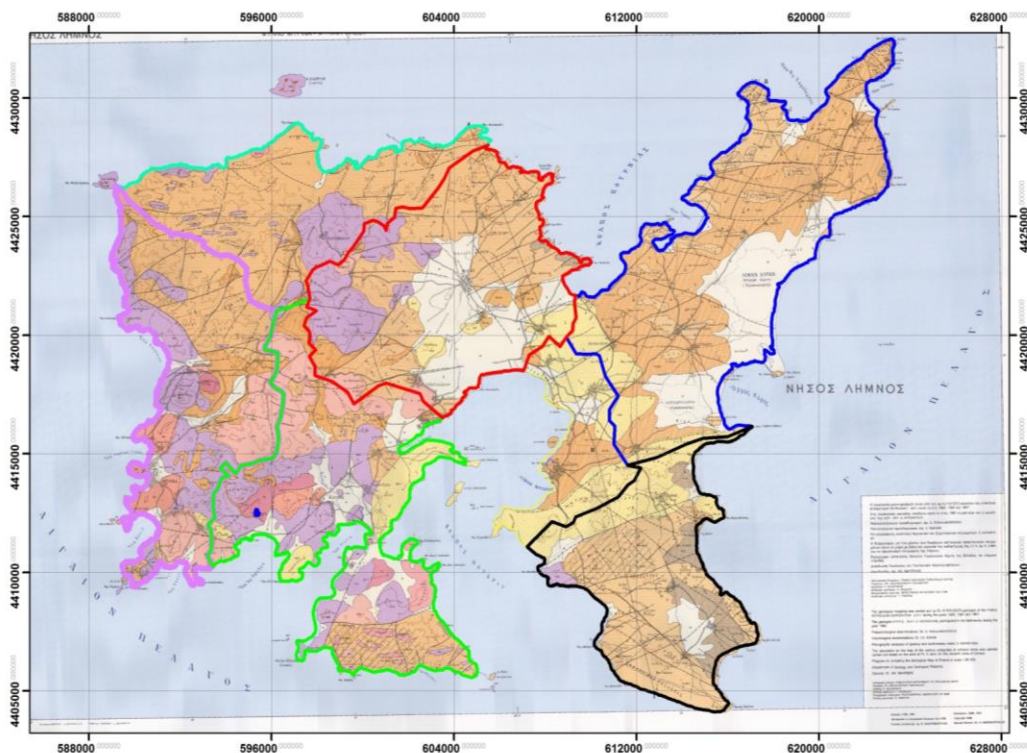
Η Λήμνος βρίσκεται σε ένα ρηχό υποθαλάσσιο πλατώ, που αποτελεί προέκταση της τουρκικής ακτογραμμής, 60 χιλιόμετρα προς τα ανατολικά. Πριν από 20.000 χρόνια όταν η στάθμη της θάλασσας ήταν πολύ χαμηλότερη απ' ό τι σήμερα, η Λήμνος συνδεόταν με τα απέναντι Μικρασιατικά παράλια. Είναι ηφαιστειογενές νησί με χαρακτηριστικούς λόφους, τραχειτικά βραχώδη μορφώματα και έλλειψη βλάστησης. Παρά το βραχώδες έδαφός της, είναι αρκετά εύφορο νησί.



Σχήμα 3.7. Γεωλογικός χάρτης Λήμνου

Η Λήμνος έχει την ιδιαιτερότητα σε σχέση με τα υπόλοιπα νησιά του Αιγαίου ότι τα παλαιότερα πετρώματα της είναι σχετικά νέα και αποτελούνται από Ηώκαινικούς έως Ολιγοκαινικούς ψαμμίτες και μάργες. Τα ηφαιστειακά πετρώματα που αναπτύσσονται σ' όλη την έκταση του νησιού είναι λάβες, ηφαιστειακοί τόφφοι και πλουτώνια πετρώματα. Τα περισσότερα από τα ηφαιστειακά πετρώματα είναι εκχύσεις ανδεσιτικών, τραχειτικών και δακτιτικών λαβών καθώς και ηφαιστειακοί τόφφοι τα οποία εμφανίζονται στο δυτικό τμήμα του νησιού. Στις χαμηλές κοιλάδες έχουν αποθεθεί αλλουβιακές αποθέσεις, που αποτελούνται από χαλαρά εδαφικά υλικά (άργιλοι, αμμοχάλικα, λατύπες κλπ.). Στις ΝΑ και ΒΔ παράκτιες περιοχές παρατηρούνται σχηματισμοί θινών σε μεγάλη έκταση και ικανό πάχος (Σχήμα 3.2 & 3.3).

Οι θερμές πηγές στο νησί δεν σχετίζονται με την ηφαιστειότητα, καθώς αυτή σταμάτησε πολύ παλιά. Αντιθέτως, δημιουργήθηκαν από τη βαθιά κυκλοφορία του νερού μέσα στα ρήγματα (Higgins MD & Higgins R., 1996).



**Χάρτης 3.8.** Γεωλογικός Χάρτης της Λήμνου

Πηγή: ΙΓΜΕ, 1986

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

### 4.1. Εισαγωγή

Υδατικό ισοζύγιο είναι η απεικόνιση της δυναμικής ισορροπίας μεταξύ των εισροών και των εκροών νερού μιας ενιαίας υδατικής περιοχής στην ίδια χρονική περίοδο αφού ληφθεί υπόψη η εσωτερική διακύμανση των υδατικών αποθεμάτων (N. 1739/87).

Στο ενότητα αυτή πραγματοποιείται ο καθορισμός των ορίων των υδρολογικών λεκανών καθώς και ο προσδιορισμός των κύριων χαρακτηριστικών τους (μορφολογικά χαρακτηριστικά υδρολογικών λεκανών, στοιχεία του υδρογραφικού δικτύου των λεκανών απορροής). Επίσης γίνεται προσπάθεια ποσοτικής εκτίμησης των παραμέτρων του υδατικού ισοζυγίου των υδρολογικών λεκανών της νήσου Λήμνου.

Η εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου, που αποτελεί τη μαθηματική έκφραση του κύκλου του νερού, είναι η εξής (Μοντεσάντου, 1999) :

$$P = E + I + R, \quad (4.1)$$

Όπου:

P : το νερά που δέχεται η λεκάνη με τη μορφή των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων,

E : το νερό που μεταφέρεται στην ατμόσφαιρα με το φαινόμενο της εξάτμισης και της διαπνοής,

I : το νερό που κατεισδύει μέσω των διαπερατών σχηματισμών της λεκάνης και,

R: η επιφανειακή απορροή, το νερό δηλαδή που απομένει και ρέει στις κοίτες των ποταμών.

Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (P), πέφτοντας στην επιφάνεια της γης ακολουθούν ένα αριθμό διαφορετικών διαδρομών του υδρολογικού κύκλου. Το μεγαλύτερο μέρος τους πέφτει στους ωκεανούς και αποδίδεται πάλι στην ατμόσφαιρα, με την εξάτμιση. Ένα πολύ μικρό ποσοστό εξατμίζεται και επιστρέφει στην ατμόσφαιρα, προτού καν φθάσει στην επιφάνεια της γης. Τέλος, ένα τμήμα των



ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων πέφτει στην ξηρά, όπου είτε εξατμίζεται αμέσως ερχόμενο σε επαφή με το έδαφος, την βλάστηση κ.α. είτε μπορεί να ακολουθήσει έναν από τους παρακάτω δρόμους (Λέκκας & Αλεξόπουλος, 1984):

1. Ένα μέρος απορρέει επιφανειακά, τροφοδοτώντας τα ρυάκια, τους χείμαρρους, τους παραποτάμους και τους ποταμούς και καταλήγει στις λίμνες ή τις θάλασσες απ'όπου με την εξάτμιση, επιστρέφει στην ατμόσφαιρα. Το νερό αυτό που διακινείται μέσω του υδρογραφικού δικτύου, αποτελεί την επιφανειακή απορροή (R).
2. Το άλλο μέρος διεισδύει στη γη από τους πόρους ή τις ρωγμές και τα ρήγματα των διαφόρων πετρωμάτων και σχηματίζει το υπόγειο νερό ή προστίθεται σ'αυτό. Το νερό αυτό μετά από μία μικρή ή μεγάλη, αργή ή γρήγορη πορεία μέσα στο υπέδαφος επανέρχεται στην επιφάνεια της γης μέσα από τις πηγές, τροφοδοτεί τους ποταμούς ή οδηγείται στη θάλασσα ή ακόμα με τη βοήθεια του ριζικού συστήματος των φυτών και του φαινομένου της διαπνοής, επανέρχεται στην ατμόσφαιρα. Το νερό που διαπερνά την επιφάνεια της γης και εισέρχεται σ'αυτή, αποτελεί την κατείσδυση (I).
3. Τέλος μία σημαντική ποσότητα νερού επιστρέφει στην ατμόσφαιρα είτε με την εξάτμιση του νερού των λιμνών, των ποταμών και των στρωμάτων που είναι πολύ κοντά στην επιφάνεια της γης, είτε με το φαινόμενο της διαπνοής των φυτών. Το σύνολο των μερικών αυτών περιπτώσεων ονομάζεται εξατμισοδιαπνοή (E).

Ο υδρολογικός κύκλος λοιπόν ή κύκλος του νερού μπορεί να εκφραστεί με την παραπάνω μαθηματική εξίσωση που είναι γνωστή και σαν τύπος του υδρολογικού ισοζυγίου. Τα δεύτερα μέλη της εξίσωσης (E, R, I) είναι γνωστά και σαν φάσεις του υδρολογικού ισοζυγίου και εκφράζονται σε χιλιοστά (mm), σε μονάδες όγκου ( $m^3$ ) είτε σε (%) ποσοστά επί των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

#### **4.2. Χαρακτηριστικά Λεκανών Απορροής**

Για να υπολογιστούν οι παράμετροι του υδρολογικού ισοζυγίου πρέπει να χρησιμοποιηθούν λεκάνες απορροής. Τα στοιχεία μιας λεκάνης απορροής που

παίζουν ρόλο στον καθορισμό του υδρολογικού ισοζυγίου εκτός από τα κλιματικά (βροχοπτώσεις, θερμοκρασίες κλπ) είναι (Τσακίρης, 1995):

*A. Η φύση των πετρωμάτων που καλύπτουν τη λεκάνη και οι σχέσεις μεταξύ τους. Με τον όρο φύση των πετρωμάτων εξετάζεται κυρίως η περατότητα και η θέση που έχουν στη λεκάνη απορροής. Για παράδειγμα εάν υπάρχει ένας αδιαπέρατος σχηματισμός στα όρια της λεκάνης τότε το νερό που πέφτει σ' αυτόν απορρέει επιφανειακά και δεν κατεισδύει ενώ αντίθετα εάν το νερό συναντήσει ένα υδροπερατό σχηματισμό π.χ. ασβεστόλιθο δύναται να τον εμπλουτίσει.*

*B. Η μορφολογία της λεκάνης και το υδρογραφικό δίκτυο. Οι λεκάνες απορροής παρουσιάζουν κάποια χαρακτηριστικά (μέγεθος, μέσο υψόμετρο, μέση κλίση εδάφους) τα οποία έχουν σχέση με το υδρολογικό ισοζύγιο και με τις διεργασίες που παρατηρούνται σε αυτές. Οι σπουδαιότερες διεργασίες είναι η δημιουργία της απορροής από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (και οι μεταβολές της χρονικά και τοπικά), η διάβρωση του εδάφους, οι γεωλισθήσεις και γεωκατακρημνίσεις, η στερεομεταφορά των υδατορεμάτων κ.α.*

#### **4.2.1. Μορφολογικά Χαρακτηριστικά Λεκανών Απορροής**

Ο υπολογισμός των παραμέτρων που αποδίδουν τη μορφολογία των υδρολογικών λεκανών είναι (Τσακίρης, 1995):

##### *A1. Μέγεθος*

Μια λεκάνη απορροής μπορεί να έχει επιφάνεια από μερικά μέχρι και εκατοντάδες χιλιόμετρα. Την πορεία που θα ακολουθήσει ένας ποταμός καθορίζουν κύρια η μορφολογία της περιοχής (τοπογραφικές κλίσεις) και η δομή του υποκειμένου πετρώματος (λιθολογία και τεκτονική) (Μοντεσάντου, 1999).

Το μέγεθος της λεκάνης απορροής έχει σημασία αφού επηρεάζει γενικά τόσο τη συνολική απορροή (water yield) στην έξοδο της, όσο και το χρόνο συγκέντρωσής της απορροής και κατά συνέπεια το σχήμα του υδρογραφήματος. Επίσης, το μέγεθος της λεκάνης επηρεάζει όλα τα άλλα χαρακτηριστικά αυτής. Συγκεκριμένα, η κλίση της λεκάνης αυξάνεται όσο μειώνεται το μέγεθος αυτής, ενώ η ειδική παροχή ( $m^3/s/km^2$ ) μειώνεται με την αύξηση του μεγέθους της λεκάνης (Τσακίρης και Μπαλούτσος, 1995).

Η σχέση μεγέθους λεκάνης – απορροής χρειάζεται περαιτέρω ιδιαίτερη προσοχή, αφού το μέγεθος της επηρεάζει όλους τους άλλους παράγοντες της λεκάνης. Πιο συγκεκριμένα, η κλίση της λεκάνης αυξάνει καθώς μειώνεται το μέγεθος της, ενώ η ειδική παροχή ( $m^3/s/km^2$ ) μειώνεται με την αύξηση του μεγέθους της λεκάνης. Για τους λόγους αυτούς, η σχέση μέγεθος λεκάνης και απορροής δεν έχει διευκρινιστεί πλήρως (Τσακίρης, 1995).

### Σχήμα

Το σχήμα της λεκάνης απορροής παίζει καθοριστικό ρόλο και επηρεάζει το χρόνο συγκέντρωσης και επομένως το μέγεθος της παροχής που παρατηρείται στο στόμιο της λεκάνης. Για το λόγο αυτό, οι επιμήκεις λεκάνες έχουν μεγαλύτερο χρόνο συγκέντρωσης από τις ριπιδοειδείς ή κυκλικές και επομένως κάτω από τις ίδιες συνθήκες, οι επιμήκεις λεκάνες παρουσιάζουν μικρότερες παροχές (Τσακίρης, 1995). Το σχήμα μιας λεκάνης εκφράζεται με το δείκτη CRAVELIUS, ο οποίος δίνεται από την εξίσωση:

$$Kc = 0.28 P / A^{(1/2)} \quad (4.2)$$

Όπου: Kc: δείκτης συγκέντρωσης

P= περίμετρος λεκάνης και

A= Εμβαδόν Λεκάνης

### Μέσο Υψόμετρο λεκάνης απορροής

Το υψόμετρο της λεκάνης απορροής συνδέεται τόσο με τα κατακρημνίσματα που δέχεται η λεκάνη όσο και με τις θερμοκρασίες που επικρατούν σ' αυτή. Ειδικότερα, τα κατακρημνίσματα αυξάνουν αυξανόμενου του υψομέτρου της λεκάνης. Η αύξηση αυτή παρατηρείται ωστόσο έως το υψόμετρο των 2500 m περίπου ενώ, όσο ανεβαίνουμε σε μεγαλύτερα υψόμετρα, παρατηρείται ελάττωση. Αντιθέτως, η θερμοκρασία μειώνεται σε κάθε περίπτωση με την αύξηση του υψομέτρου. Επομένως η άμεση σχέση του υψομέτρου της λεκάνης με τα κατακρημνίσματα που αυτή δέχεται αλλά και με τις θερμοκρασίες που επικρατούν σε αυτή επηρεάζει κατ' επέκταση και την απορροή. Είναι γνωστό ότι μεγαλύτερες ποσότητες κατακρημνισμάτων συνεπάγεται και αύξηση της απορροής, αλλά ταυτόχρονα όσο υψηλότερη είναι η

θερμοκρασία τόσο μεγαλύτερη είναι και η εξάτμιση. Η θερμοκρασία καθορίζει επίσης και το ποσοστό των κατακρημνισμάτων που φθάνουν στο έδαφος υπό μορφή χιονιού, όπως επίσης και την διάρκεια παραμονής τους σε αυτό. Όλες οι παραπάνω συνθήκες επηρεάζουν σημαντικά την απορροή στην έξοδο της λεκάνης (Τσακίρης, 1995).

Για τον προσδιορισμό του μέσου υψόμετρου της λεκάνης απορροής είναι απαραίτητο να μετρηθούν τα εμβαδά ανάμεσα στις διαδοχικές ισοϋψείς. Για τον υπολογισμό του μέσου υψόμετρου χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$Z_m = \Sigma (Z_i * A_i) / \Sigma A_i \quad (4.3)$$

Όπου:  $Z_i$ = το μέσο υψόμετρο κάθε υποπεριοχής (υποπεριοχή είναι η περιοχή μεταξύ δύο διαδοχικών ισοϋψιών).

$A_i$ = το εμβαδόν κάθε υποπεριοχής

$Z_m$ = το μέσο υψόμετρο της λεκάνης

#### Μέση Κλίση

Για τον υπολογισμό της μέσης κλίσης των λεκανών χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω τύπος:

$$S_s = (\Sigma L * D) / A \quad (4.4)$$

Όπου  $\Sigma L$  = συνολικό μήκος των χωροσταθμικών καμπυλών

$D$ = ισοδιάσταση χωροσταθμικών καμπυλών

$A$ = εμβαδόν της λεκάνης

Η ισοδιάσταση των χωροσταθμικών καμπυλών λαμβάνεται ίση με 10 m.

#### **4.2.2. Χαρακτηριστικά Υδρογραφικού Δικτύου**

Η επιφανειακή απορροή μιας υδρολογικής λεκάνης που προέρχεται από ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα από πηγές κλπ κινείται προς τα χαμηλότερα σημεία αυτής δια μέσου ενός δικτύου φυσικών υδατορεμάτων διαφόρων μεγεθών, που αποτελεί το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης απορροής. Η σημασία του δικτύου είναι

ιδιαίτερα μεγάλη αφού η υδρολογική ανταπόκριση της λεκάνης καθορίζεται σε σημαντικό βαθμό από αυτό (Τσακίρης, 1995).

Τα χαρακτηριστικά του υδρογραφικού δικτύου και ο τρόπος υπολογισμού τους παρουσιάζονται πιο κάτω:

#### Συντελεστής Αποστράγγισης

Υπολογίζεται από τον τύπο:  $D = E/L$  (4.5)

Όπου: D=συντελεστής αποστράγγισης

E= συνολικό εμβαδόν της λεκάνης απορροής και

L= συνολικό μήκος των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου

#### Πυκνότητα Υδρογραφικού Δικτύου

Η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου εκφράζεται με το δείκτη D, ο οποίος σχετίζεται το μήκος των ρεμάτων με τη μονάδα επιφάνεια της λεκάνης. Δίνεται από τον τύπο:

$$D_d = \Sigma L_i / A \quad (4.6)$$

Όπου:

$D_d$  = πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου

$\Sigma L_i$  = συνολικό μήκος των ρεμάτων σε Km

A= εμβαδόν λεκάνης απορροής σε km<sup>2</sup>

#### **4.2.3 Λεκάνες απορροής της περιοχής μελέτης.**

Η νήσος Λήμνος για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής εργασίας χωρίζεται σε 7 κύριες λεκάνες απορροής από τις οποίες εξετάζονται 6 υπολεκάνες για την εκτίμηση του επιφανειακού υδατικού

Αυτές είναι:

1. Η Λεκάνη απορροής Βόρειας Λήμνου (υπολεκάνη Γομάτι)
2. Η Λεκάνη απορροής Κεντρικής και Νότιας Λήμνου (υπολεκάνη Κοντιά)

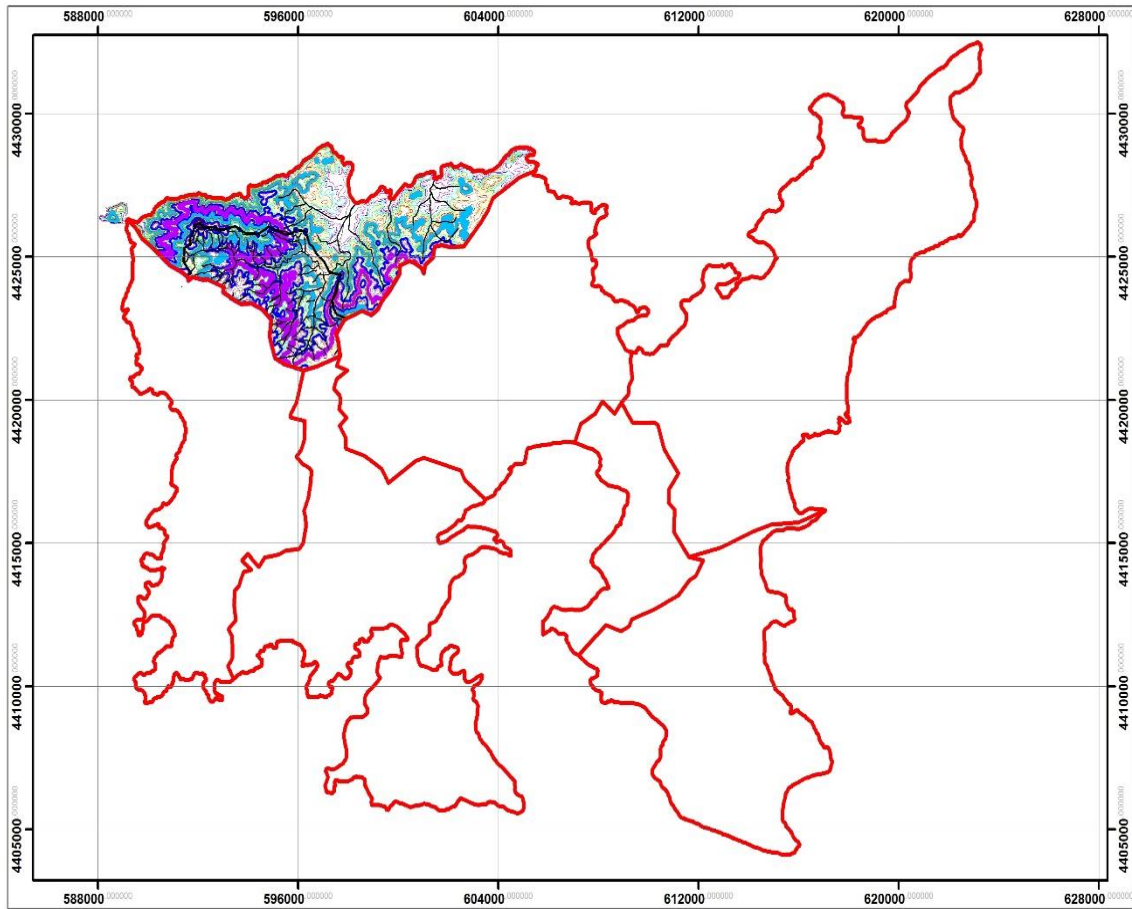
3. Η Λεκάνη Κεντρικής Λήμνου (υπολεκάνη Πολιόχνη)
4. Η Λεκάνη Δυτικής Λήμνου (υπολεκάνη Ραγκαβά)
5. Η Λεκάνη Νοτιοανατολικής Λήμνου (υπολεκάνη Χαβούλη)
6. Η Λεκάνη Βορειοανατολικής Λήμνου (υπολεκάνη Αλυκή)
7. Η Λεκάνη Κεντρικής και Ανατολικής Λήμνου

Στον παρακάτω πίνακα 4.1, δίνονται τα σημαντικότερα μορφολογικά χαρακτηριστικά των υπό μελέτη λεκανών απορροής. Επίσης παρατίθενται χάρτες των λεκανών απορροής καθώς και φωτογραφικό υλικό της εκάστοτε λεκάνης απορροής.

**Πίνακας 4.1.** Μορφολογικά χαρακτηριστικά των υδρολογικών λεκανών της περιοχής μελέτης

ΟΝΟΜΑ ΛΕΚΑΝΗΣ	ΕΜΒΑΔΟΝ (km <sup>2</sup> )	ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΣ (km)	ΣΧΗΜΑ ( $Z_m=0,28 \cdot P \sqrt{A}$ )	ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)
<b>Βόρεια Λήμνος</b>	63.81	47.647	ΚΥΚΛΙΚΗ	116.71
<b>Κεντρική &amp; Νότια Λήμνος</b>	89.30	83.935	ΚΥΚΛΙΚΗ	64.23
<b>Κεντρική Λήμνος</b>	84.75	46.448	ΚΥΚΛΙΚΗ	54.12
<b>Δυτική Λήμνος</b>	75.44	62.169	ΚΥΚΛΙΚΗ	108.76
<b>Νότια &amp; Ανατολική Λήμνος</b>	57.04	45.644	ΚΥΚΛΙΚΗ	47.5
<b>Βόρεια &amp; Ανατολική Λήμνος</b>	104.20	69.869	ΚΥΚΛΙΚΗ	22.03
<b>Κεντρική &amp; Ανατολική Λήμνος</b>	23.17	30.499	ΚΥΚΛΙΚΗ	32,29

Υπολεκάνη Απορροής Γομάτι

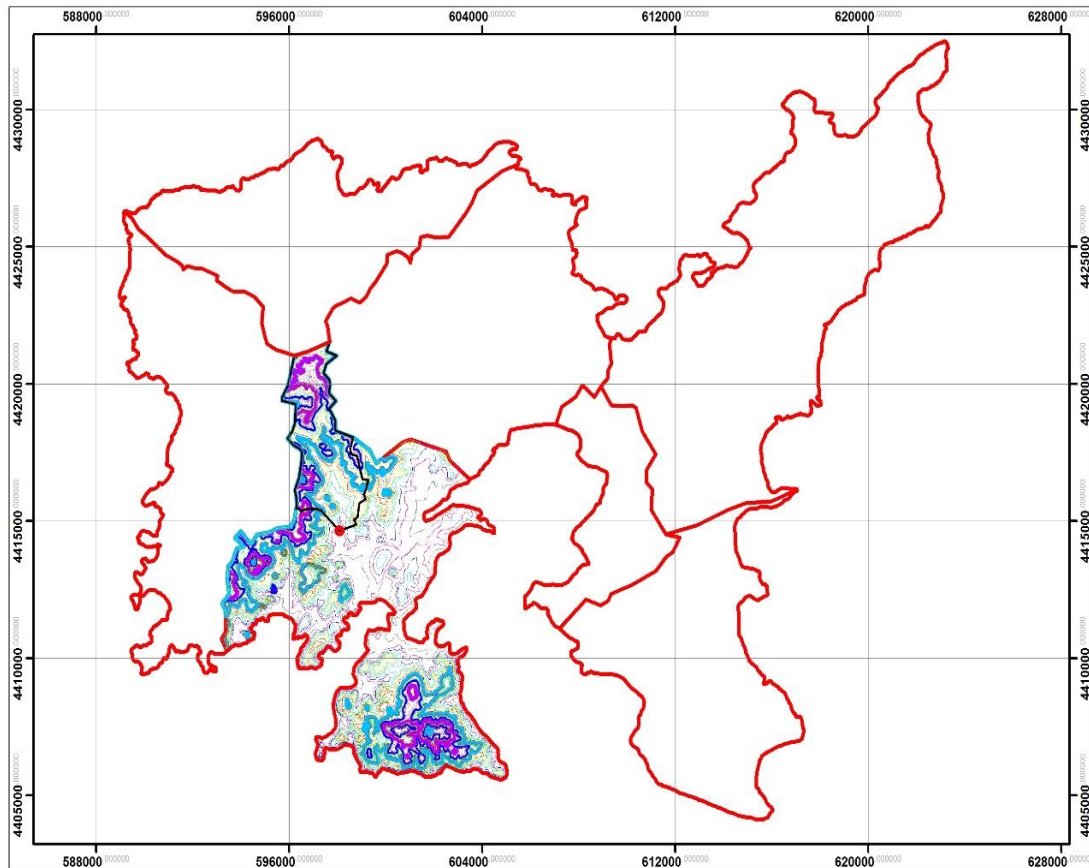


**Σχήμα 4.1.** Υπολεκάνης Απορροής Γομάτι (Λεκάνη Βόρειας Λήμνου)



Φωτογραφίες από την περιοχή της Λεκάνης απορροής Γομάτι

Υπολεκάνη Απορροής Φράγματος Κοντιά



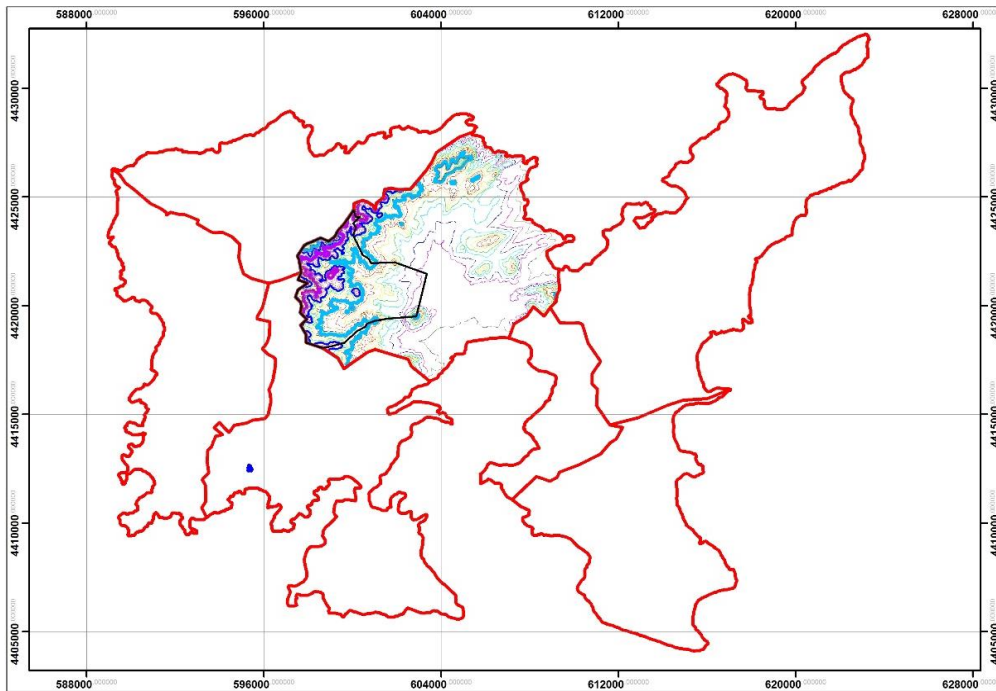
**Σχήμα 4.2** Υπολεκάνης Απορροής Φράγματος Κοντιά (Λεκάνη Κεντρικής & Νότιας Λήμνου)



Φωτογραφίες από την περιοχή της Λεκάνης Φράγματος Κοντιά



Υπολεκάνη Απορροής Πολιόχνης

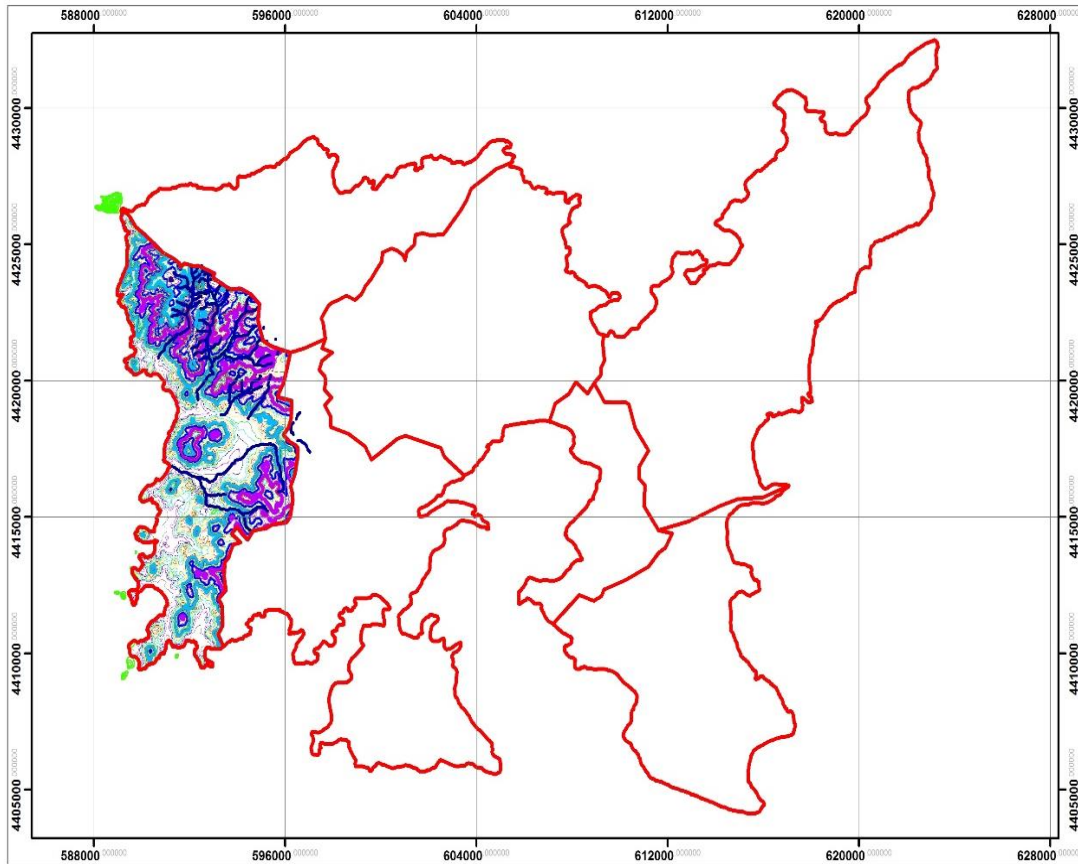


**Σχήμα 4.3.** Υπολεκάνης Απορροής Πολιόχνης (Λεκάνη Απορροής Κεντρικής Λήμνου)



Φωτογραφίες από την περιοχή της Λεκάνης Πολιόχνης

Υπολεκάνη Απορροής Ραγκαβά

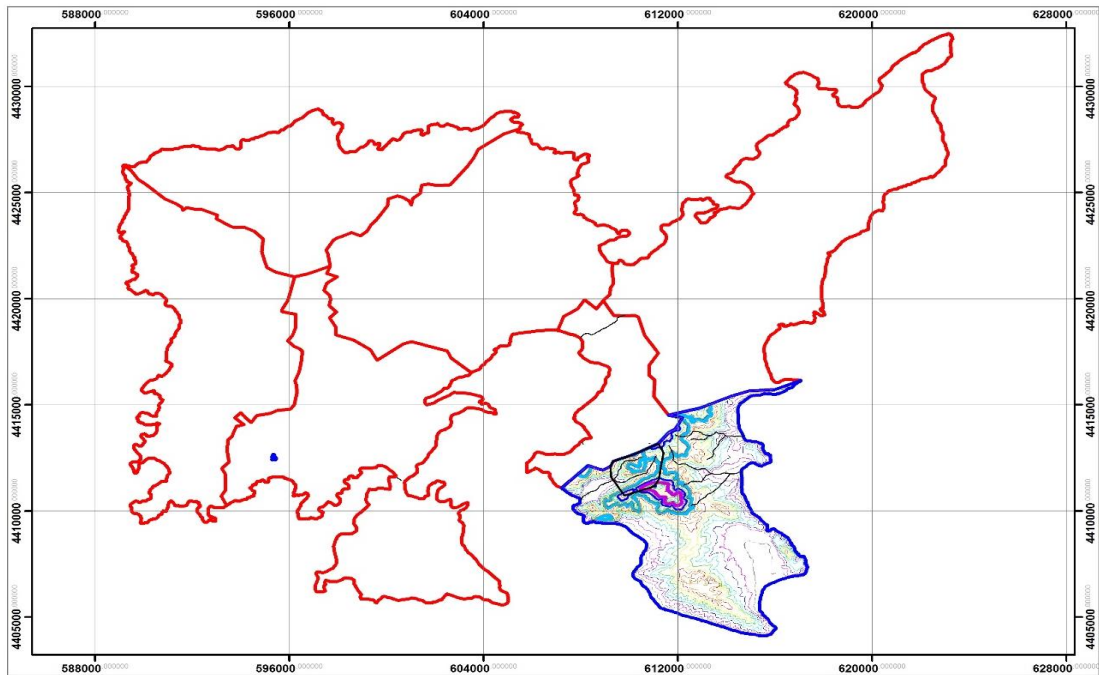


**Σχήμα 4.4.** Υπολεκάνης Απορροής Ραγκαβά (Λεκάνη Απορροής Δυτικής Λήμνου)



Φωτογραφίες από την περιοχή της Λεκάνης Ραγκαβά

Υπολεκάνη Απορροής Χαβούλη

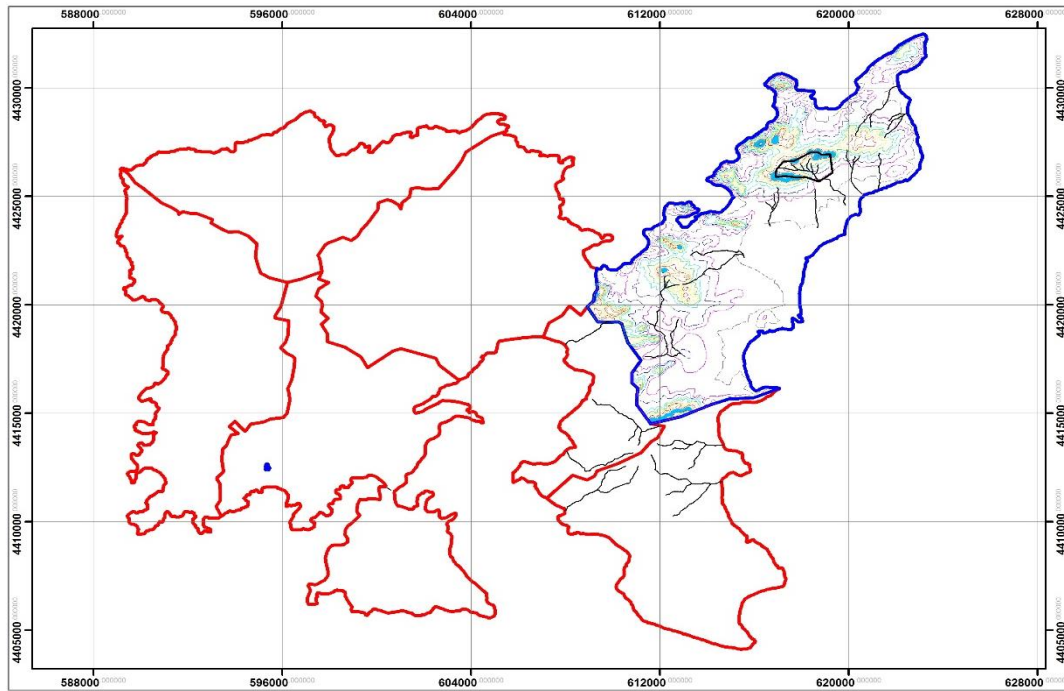


Σχήμα 4.5. Λεκάνης Απορροής Χαβούλη (Λεκάνη Απορροής Νοτιοανατολικής Λήμνου)



Φωτογραφίες από την περιοχή της Λεκάνης Χαβούλη

*Λεκάνη Απορροής Αλυκή*



Σχήμα 4.6. Υπολεκάνης Απορροής Αλυκή (Λεκάνη Απορροής Ανατολικής Λήμνου)



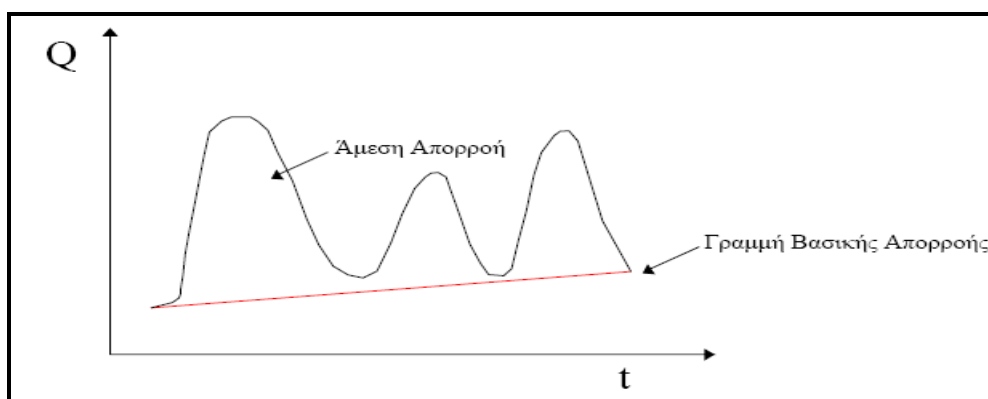
Φωτογραφίες από την περιοχή της Λεκάνης Αλυκή

### 4.3 Απορροές Κύριων Λεκανών Απορροής

Ένα μέρος του νερού που φθάνει στην επιφάνεια της γης από τις ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις κινείται στην επιφάνεια του εδάφους και ένα άλλο διηθείται στο έδαφος. Μέρος από το διηθούμενο νερό κινείται πλευρικά και επανεμφανίζεται στην επιφάνεια του εδάφους ή σε υδατορέματα σε χαμηλότερα υψόμετρα ενώ ένα άλλο καταλήγει σε βαθύτερα στρώματα και εμπλουτίζει τους υπόγειους υδροφορείς, που με τη σειρά τους πολλές φορές τροφοδοτούν κάποιο επιφανειακό υδατόρεμα. Το μέρος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που φθάνει με κάποιο τρόπο σε ένα υδατόρεμα αποτελούν γενικά την απορροή (runoff) (Μπέλλος, 2005).

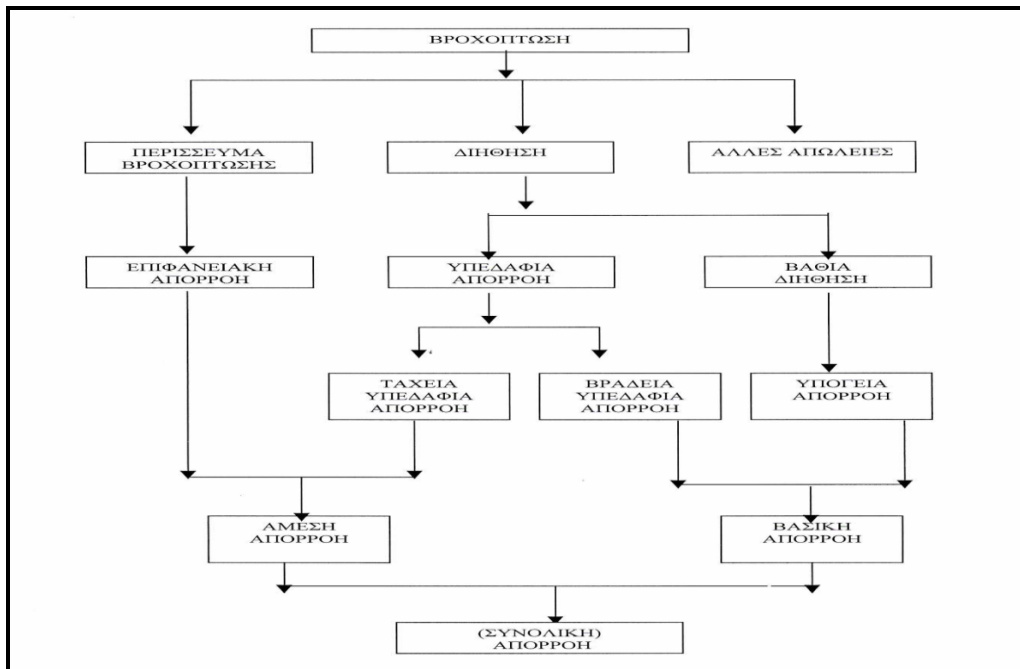
Σε κάθε διατομή ενός υδατορέματος διέρχονται τα νερά που προέρχονται από συγκεκριμένη επιφάνεια η οποία ονομάζεται λεκάνη απορροής. Ειδικότερα το μέρος του νερού που κινείται στην επιφάνεια του εδάφους αποτελεί την επιφανειακή απορροή (surface runoff), το μέρος που αφορά τη διήθηση σε μικρό βάθος την υπεδάφια απορροή (Interflow) και τέλος το νερό που καταλήγει σε υδατορέματα μέσω των υπόγειων υδροφορέων αποτελεί την υπόγεια απορροή (groundwaterflow).

Όσον αφορά το χρόνο εμφάνισης κάθε συνιστώσας της απορροής, άμεση απορροή (storm ή direct runoff) είναι εκείνη που καταλήγει στα υδατορέματα αμέσως μετά τη βροχόπτωση ή την τήξη του χιονιού και αποτελείται κυρίως από την επιφανειακή και μέρος της υπεδάφιας και τη βασική απορροή (base flow) η οποία αποτελείται κυρίως από την υπόγεια απορροή και αποτελεί τη ροή των ρευμάτων στα διαστήματα μεταξύ των βροχοπτώσεων (Σχήμα 4.7).



Σχήμα 4.7. Υδρογράφημα συνολικής απορροής

Συνοπτικά οι συνιστώσες της απορροής φαίνονται στο Σχήμα 4.8 (Μπέλλος, 2005).



Σχήμα 4.8. Σχηματική παράσταση των συνιστωσών της απορροής

Πηγή: Μπέλλος, 2005

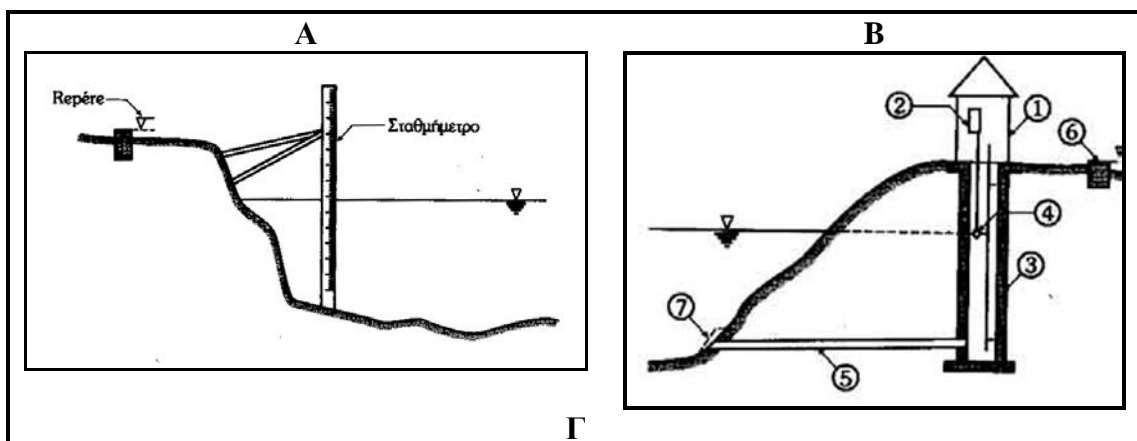
#### 4.3.1 Γενικά – Επιφανειακό Υδατικό Δυναμικό

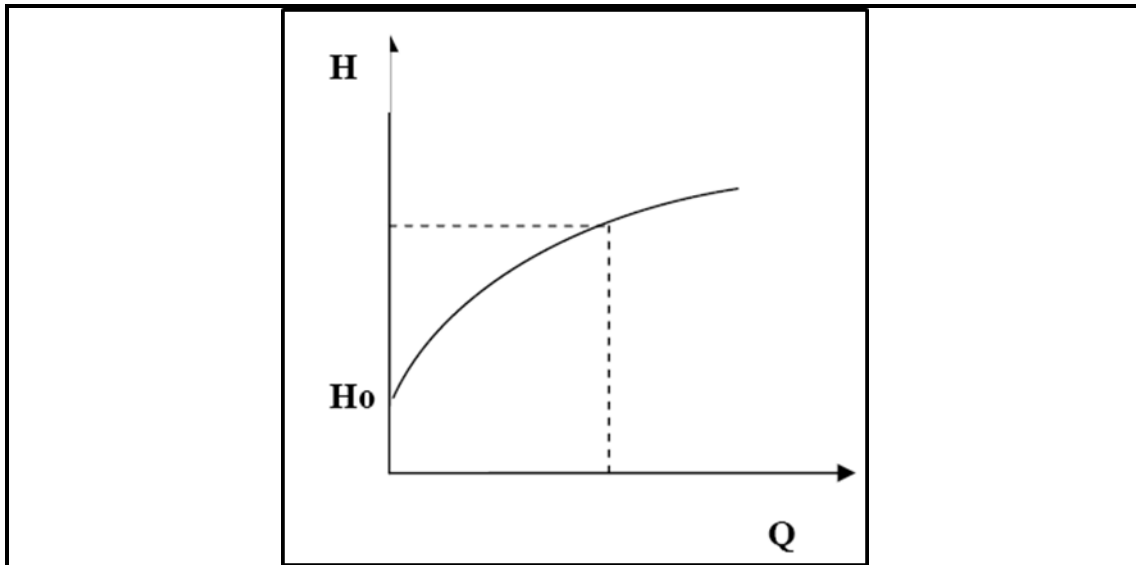
Κατά τη διάρκεια μιας βροχόπτωσης ένα μέρος του νερού της βροχής κατακρατείται από την βλάστηση και μπορεί ή να εξατμιστεί ή να πέσει αργότερα στην επιφάνεια του εδάφους. Ένα άλλο μέρος του νερού πέφτει στην επιφάνεια του εδάφους και είτε εξατμίζεται αμέσως, είτε κατεισδύει, είτε κυλάει υπό μορφή λεπτού στρώματος αμέσως κάτω από την επιφάνεια του εδάφους (υποδερμική ροή), είτε συγκεντρώνεται σε διάφορες λακκούβες στην επιφάνεια του εδάφους. Όταν οι ανάγκες μιας περιοχής για κατακράτηση, κατεισδύση και συγκέντρωση ικανοποιηθούν, τότε πιθανόν να υπάρξει ένα πλεόνασμα νερού το οποίο υπακούοντας στο νόμο της βαρύτητας ρέει επιφανειακά και οδηγείται με το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής στις λίμνες ή την θάλασσα. Το νερό αυτό αποτελεί την επιφανειακή απορροή R και εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες (Λέκκας & Αλεξόπουλος, 1984):

1. Από τη διαπερατότητα των σχηματισμών που αναπτύσσονται στην λεκάνη απορροής (υδροπερατοί, αδιαπέρατοι σχηματισμοί) και από τον βαθμό κορεσμού τους.

2. Από την ένταση των βροχοπτώσεων. Εάν η ένταση είναι μεγάλη τότε παρατηρείται αμέσως επιφανειακή απορροή ανεξάρτητα από το εάν η συνολική ποσότητα του νερού είναι μικρότερη από την ικανότητα κατεισδύσεως του εδάφους.
3. Από τη διάρκεια και την κατανομή των βροχοπτώσεων σε μια λεκάνη απορροής.
4. Από τη βλάστηση. Έχει υπολογιστεί ότι η ποσότητα του νερού που κατακρατείται από την βλάστηση σε πυκνά δάση κυμαίνεται ανάλογα με τον τύπο της βλάστησης μεταξύ του 8 και 25% του συνόλου την ετήσιων βροχοπτώσεων. Από το νερό αυτό ένα ποσοστό που κυμαίνεται γύρω στο 10% εξατμίζεται.
5. Από την κλίση της μορφολογίας της λεκάνης απορροής και από το μέγεθός της.
6. Από τη γεωμετρία του υδρογραφικού δικτύου.
7. Από την εποχή του χρόνου.
8. Από το βάθος της ελεύθερης επιφάνειας του υπόγειου νερού.
9. Από επεμβάσεις του ανθρώπου.

Η συνολική ποσότητα του νερού που αποστραγγίζεται από μια συγκεκριμένη λεκάνη απορροής είναι δυνατόν να υπολογιστεί με διάφορες μετρήσεις που γίνονται στο υδρογραφικό δίκτυο κατά την έξοδό του από την λεκάνη απορροής.





**Σχήμα 4.9.** Α. Σταθμήμετρο, Β. Σταθμηγράφος και Γ. Τυπική καμπύλη στάθμης-παροχής.

Συνήθως τα στοιχεία της απορροής ενός υδατορέματος προέρχονται από συνεχή ή συχνή μέτρηση της στάθμης του νερού, σε συγκεκριμένα σημεία της διαδρομής του με γνωστή διατομή και με την περιοδική μέτρηση της παροχής στα ίδια σημεία. Η μέτρηση της απορροής γίνεται με σταθμήμετρο (Σχήμα 4.9Α) (απλή σταδία) ή σταθμηγράφο (Σχήμα 4.9Β) διαμέσου των καμπυλών στάθμης παροχής. Με τις μετρήσεις της στάθμης κατασκευάζονται τα σταθμηγραφήματα, δηλαδή οι γραφικές παραστάσεις της μεταβολής της στάθμης συναρτήσει του χρόνου, και με τις μετρήσεις της παροχής, οι καμπύλες στάθμης-παροχής (H, Q) (Σχήμα 4.9Γ). Με τη βοήθεια των καμπυλών αυτών και με τα σταθμηγραφήματα κατασκευάζονται τα υδρογραφήματα δηλαδή διαγράμματα μεταβολής της παροχής ενός υδατορέματος συναρτήσει του χρόνου (Τσακίρης, 2004).

Ο υδρομετρικός σταθμός μετρά το σύνολο της απορροής: Επιφανειακό υδατικό δυναμικό = Συνολική απορροή = Βασική + Άμεση απορροή (Σχήμα 4.7) και Υπόγειο υδατικό δυναμικό: ότι κατεισδύει στο έδαφος. Σε περίπτωση που ενδιαφέρει η πλημμυρική απορροή η βασική απορροή πρέπει να αφαιρείται (Τσακίρης, 2004).

Από τις διαδοχικές μετρήσεις παροχής σε μια θέση ποταμού προκύπτουν χρονοσειρές απορροής. Μια χρονοσειρά 25-30 χρόνια αποτελεί δείγμα και δεν είναι ο πληθυσμός. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με επέκταση της φυσικής χρονοσειράς με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να διατηρούνται τα στατιστικά χαρακτηριστικά της φυσικής χρονοσειράς δηλαδή οι 4 στατιστικές ροπές (μέσος όρος, τυπική απόκλιση,



συντελεστής ασυμμετρίας, κύρτωση). Χρησιμοποιούνται δηλαδή κάποια στοχαστικά μοντέλα για την παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών που διατηρούν κάποιες από τις στατιστικές ροπές της φυσικής σειράς (συνήθως 2-3 και σχεδόν πάντα ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση). Ακολουθούνται δύο βήματα:

1) Βαθμονόμηση του μοντέλου

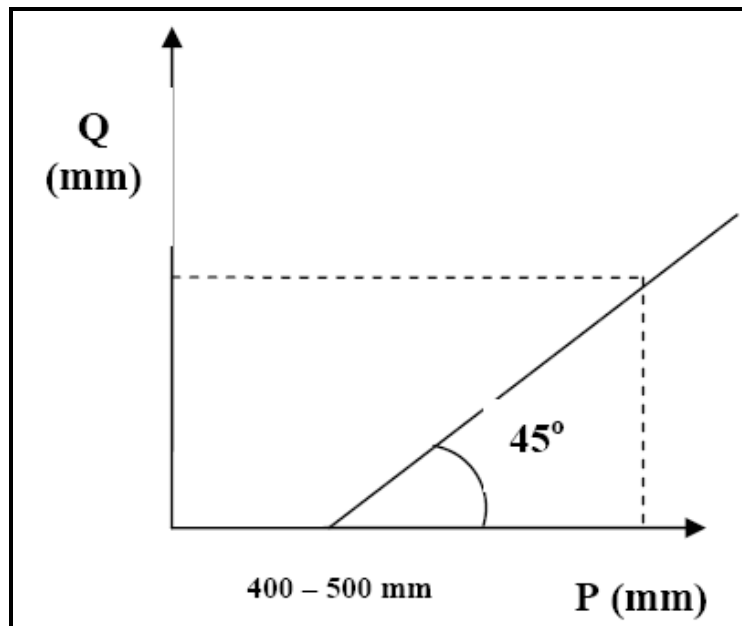
2) Επαλήθευση μοντέλου

Σε μια σειρά 30 ετών τα 15 χρησιμοποιούνται για την βαθμονόμηση του μοντέλου και τα υπόλοιπα για την επαλήθευσή του.

Άλλος τρόπος για την εκτίμηση του επιφανειακού υδατικού δυναμικού εκτός από την στοχαστική αναπαραγωγή είναι η ντετερμινιστική αντιμετώπιση με τη δημιουργία ενός εννοιολογικού μοντέλου (conceptual). Δημιουργούνται κλειστά μαύρα κουτιά που εκπροσωπούν φυσικές διαδικασίες. Οι διαδικασίες αυτές προσδιορίζονται με χρήση εξισώσεων. Επιτυγχάνεται η δημιουργία μοντέλων βροχής- απορροής.

Οι παράμετροι τέτοιων μοντέλων βροχής- απορροής είναι καλύτερες όταν έχουν προκύψει από πραγματικά στοιχεία και αξιόπιστη βαθμονόμηση. Σε κάθε περίπτωση το μοντέλο πρέπει να ελέγχεται συνεχώς. Τα μοντέλα αυτά μπορούν να εφαρμοστούν και σε περιοχές χωρίς στοιχεία παροχών παρά μόνο βροχοπτώσεων τα οποία εν γένει είναι αξιόπιστα (E.M.Y). Σε αυτή την περίπτωση για τη βαθμονόμηση των μοντέλων χρησιμοποιούνται στοιχεία από γειτονικές λεκάνες. Οι παράμετροι του μοντέλου δηλαδή προσδιορίζονται από τις παραμέτρους γειτονικών λεκανών ελέγχοντας πάντα το πόσο καλά συσχετίζονται τα διάφορα μεγέθη στις λεκάνες αυτές.

Σε καμία περίπτωση δε συνίσταται η χρήση πολύπλοκων αβαθμονόμητων μοντέλων καθώς αυτό μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένα αποτελέσματα. Προτιμότερο είναι να χρησιμοποιείται ένα απλό μοντέλο βροχής- απορροής χωρίς πολλές παραμέτρους (Σχήμα 4.10) (Τσακίρης, 2004).



**Σχήμα 4.10.** Γραφική απεικόνιση ετήσιας βάσης μοντέλο βροχής-απορροής

. Πηγή: Τσακίρης, 2004

#### **4.3.2 Δημιουργία Χρονοσειρών Μετεωρολογικών Δεδομένων με Hydrognomon για χιλιετία.**

Ο «Υδρογνώμων», το σύστημα δηλαδή πρόσβασης στη βάση δεδομένων, διαχείρισης των υδρολογικών, μετεωρολογικών και ποιοτικών δεδομένων και επεξεργασίας των χρονοσειρών είναι μία αυτόνομη εφαρμογή λογισμικού. Παρέχει τη δυνατότητα σύνδεσης με κοινές εφαρμογές όπως Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (G.I.S.) και λογιστικά φύλλα (spreadsheets), που μπορούν να πραγματοποιούν επιπλέον επεξεργασίες ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη. Επιπλέον, το σύστημα μπορεί να προσπελάζεται από το Διαδίκτυο μέσω συμβατικών εφαρμογών που θα προσπελάζουν τη βάση απευθείας. Η ανάπτυξη του συστήματος βασίστηκε (Κοζάνης κ.α. 2005):

- Στην ερευνητική εμπειρία της ομάδας (<http://www.itia.ntua.gr/>)
- Στην εμπειρία από την ανάπτυξη παλαιότερης έκδοσης του λογισμικού (Χριστοφίδης, 1998, Χριστοφίδης και Κοζάνης, 2004), καθώς και από δοκιμαστικές εκδόσεις ανάπτυξης (Kozanis et al., 2005)

- Στον σχεδιασμό της βάσης δεδομένων (Χριστοφίδης, κ.α., 2005) καθώς και σε αξιοποίηση εμπειρίας και γνώσεων από τον παλαιότερο σχεδιασμό (Παπακώστας, 2004)
- Σε εκτεταμένη έρευνα αγοράς πάνω σε παρόμοια συστήματα (έως και Σεπτέμβριος 2005)
- Στην διεθνή βιβλιογραφία στα θέματα Υδρολογίας και Πληροφορικής.

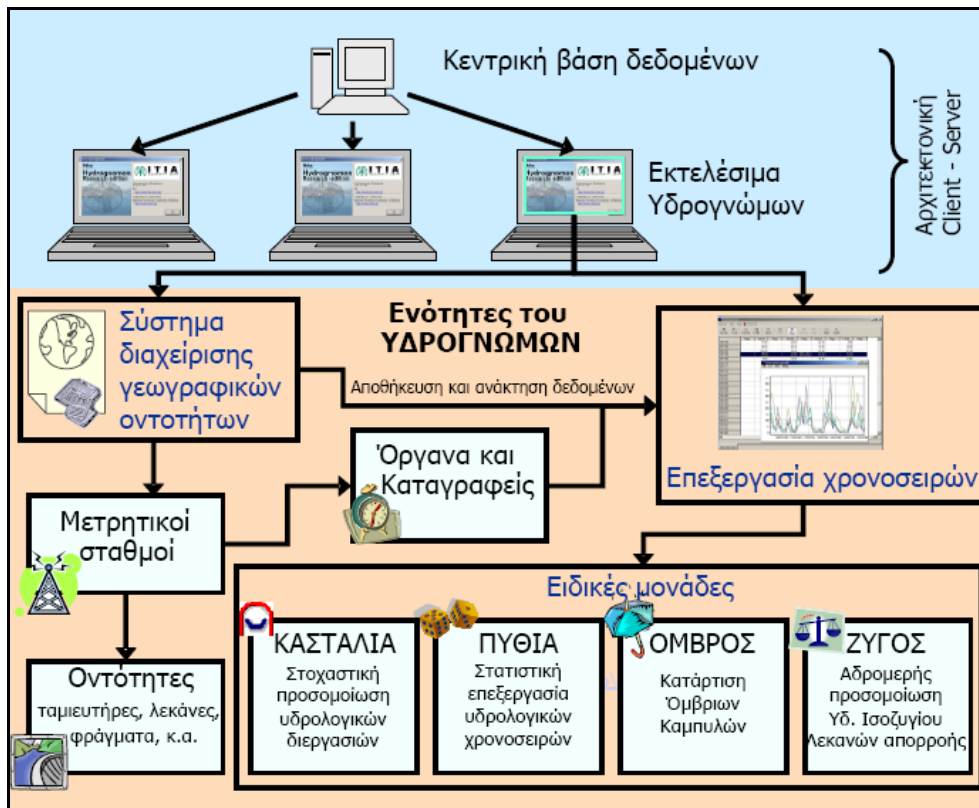
Κατά τον σχεδιασμό του συστήματος, λαμβάνονται υπόψη οι αυξημένες ανάγκες διαχείρισης και επεξεργασίας των τηλεμετρικών δεδομένων, που αποτελούν εξαιρετικά μεγάλο όγκο πληροφοριών σε πολύ μικρό χρονικό βήμα. Για το λόγο αυτόν, τίθενται ιδιαίτερες προδιαγραφές, με αυστηρή μοντελοποίηση των χρονικών βημάτων και των διαδικασιών καθώς και κατάρτιση των κατάλληλων αλγορίθμων (Κοζάκης κ.α. 2005).

Το εν λόγω σύστημα δεν πραγματοποιεί προχωρημένες επεξεργασίες, όπως παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών (η συγκεκριμένη λειτουργία παρέχεται από το υποσύστημα «Κασταλία» το οποίο ενσωματώνεται στον «Υδρογνώμων» ωστόσο η τεκμηρίωσή του περιλαμβάνεται σε ξεχωριστό τεύχος), αλλά απλές (τυπικές υδρολογικές) επεξεργασίες, οι οποίες λειτουργούν βοηθητικά. Οι σημαντικότερες λειτουργίες που επιτελεί το σύστημα είναι οι ακόλουθες (Κοζάνης κ.α., 2005).

- Μετατροπή χρονοσειρών σε σταθερό χρονικό βήμα (ως γνωστόν, οι πρωτογενείς χρονοσειρές έχουν κάποια σταθερότητα, αλλά συχνά παρουσιάζουν διαταραχές, η εξάλειψη των οποίων είναι αναγκαία για περαιτέρω επεξεργασία)
- Εξαγωγή χρονοσειρών μεγαλύτερου χρονικού βήματος (συνάθροιση), π.χ. ωριαίων από δεκάλεπτες, ημερήσιων από ωριαίες, μηνιαίων από ημερήσιες
- Τυπικοί έλεγχοι συνέπειας όπως ομοιογένειας, ακραίων τιμών και χρονικής συνέπειας
- Γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ χρονοσειρών, πολλαπλή παλινδρόμηση, οργανική συσχέτιση και αυτοσυσχέτιση
- Υδατικά ισοζύγια: ταμιευτήρων, αγωγών καθώς και αδρομερές μοντέλο βροχής – απορροής.

- Συμπλήρωση ελλειπουσών τιμών με χρήση της γραμμικής παλινδρόμησης, δυνατότητα εισαγωγή τυχαίου όρου για διατήρηση των στατιστικών χαρακτηριστικών. Επέκταση χρονοσειρών
- Γραμμικές πράξεις μεταξύ χρονοσειρών
- Κατάρτιση καμπυλών στάθμης – παροχής με στατιστικές μεθόδους και καμπυλών επέκτασης με χρησιμοποίηση υδραυλικών εξισώσεων
- Εξαγωγή χρονοσειρών παροχών από χρονοσειρές στάθμης, καθώς και χρονοσειρών όγκου και επιφανείας από χρονοσειρές στάθμης ταμιευτήρων και λιμνών
- Υπολογισμός εξάτμισης και δυνητικής εξατμοδιαπνοής με αναλυτικές ή ημιεμπειρικές μεθόδους
- Επέκταση δειγμάτων εξατμισοδιαπνοής
- Εύρεση στατιστικών χαρακτηριστικών δείγματος χρονοσειράς, προσαρμογή στατιστικών παραμέτρων, στατιστικές προγνώσεις, στατιστικοί έλεγχοι και εύρεση διαστημάτων εμπιστοσύνης
- Ανάλυση χρονοσειρών εξαιρετικών βροχοπτώσεων - κατάρτιση ομβρίων καμπυλών με συνεπείς μεθοδολογίες.

Στο σχήμα 4.11 απεικονίζονται τα υποσυστήματα που συνιστούν τον «Υδρογνώμων». Οι χρονοσειρές οργανώνονται βάσει του υποσυστήματος των γεωγραφικών οντοτήτων (υποσύνολο των οποίων είναι οι μετρητικοί σταθμοί). Οι μετρητικοί σταθμοί στην συνέχεια περιλαμβάνουν έναν αριθμό οργάνων και καταγραφέων. Η επεξεργασία των χρονοσειρών υποβοηθείται από ειδικά υποσυστήματα που έχουν ονομαστεί «Κασταλία» (υπεύθυνη για την στοχαστική προσομοίωση των υδρολογικών διεργασιών), «Πυθία» (υπεύθυνη για την στατιστική επεξεργασία των υδρολογικών χρονοσειρών), «Όμβρος» (υπεύθυνη για την κατάρτιση των όμβριων καμπυλών) και «Ζυγός» (υπεύθυνος για την αδρομερή προσομοίωση του υδατικού ισοζυγίου λεκανών απορροής). Η διαθεσιμότητα κάποιων από τα υποσυστήματα μπορεί να είναι περιορισμένη, ανάλογα με την άδεια χρήσης που διαθέτει ο χρήστης (Κοζάκης κ.α., 2005).



**Σχήμα 4.11** Σχηματική αναπαράσταση του Συστήματος Διαχείρισης και Επεξεργασίας Χρονοσειρών «Υδρογνώμων»

Τέλος αναφέρουμε την δυνατότητα αυτονόμησης του συστήματος από την σχεσιακή βάση δεδομένων αποθηκεύοντας τα δεδομένα των χρονοσειρών σε κοινά αρχεία κειμένου (ASCII files), τα οποία παρέχουν επιπλέον το πλεονέκτημα της εύκολης πρόσβασης και από τρίτα λογισμικά.

#### *Τυποποίηση Δεδομένων Χρονοσειρών*

Η τυποποίηση των δεδομένων συσχετίζεται άμεσα με το μοντέλο διαχείρισης και αποθήκευσης που έχει υλοποιηθεί στην σχεσιακή βάση δεδομένων (Χριστοφίδης, κ.α., 2005) με την οποία συνεργάζεται ο «Υδρογνώμων». Η τυποποίηση υλοποιείται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να ικανοποιούνται όλες οι ανάγκες που αφορούν την μέτρηση και αποθήκευση των πρωτογενών δεδομένων, την εξαγωγή επεξεργασμένων δεδομένων και κλιματικών χαρακτηριστικών, την γένεση συνθετικών χρονοσειρών, την κατάρτιση υδατικών ισοζυγίων καθώς και των υπόλοιπων συνιστωσών για την ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων.

Οι βασικοί τύποι δεδομένων χρονοσειρών που αποθηκεύονται στην βάση δεδομένων (πρωτογενή, επεξεργασμένα και συνθετικά) παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3. Τα πρωτογενή δεδομένα διαχειρίζονται μόνο από το σύστημα του «Υδρογνώμων», τα επεξεργασμένα κυρίως από τον «Υδρογνώμων», ενώ τα συνθετικά από το υποσύστημα «Κασταλία» χρησιμοποιούνται δε σε σενάρια διαχείρισης του συστήματος του «Υδρονομέα». Τα συνθετικά δεδομένα έχουν επιπλέον την ιδιαιτερότητα των πολλαπλών προγνώσεων για την ίδια χρονοσειρά.

**Πίνακας 4.2:** Τύποι δεδομένων χρονοσειρών. Πηγή: Κοζάνης κ.α., 2005

<b>Τύπος δεδομένων</b>	<b>Περιγραφή</b>
<b>Πρωτογενή</b>	Οι μετρήσεις, αυτούσιες χωρίς να υποστούν καμία επεξεργασία, είτε αυτές γίνονται με συμβατικές μεθόδους είτε τηλεμετρικά – πλήρως αυτοματοποιημένα. Τα πρωτογενή δεδομένα ελέγχονται ως προς την συνέπειά τους και στην συνέχεια ανάγονται σε χρονοσειρές σταθερού χρονικού βήματος προτού υποστούν περαιτέρω επεξεργασίες.
<b>Επεξεργασμένα</b>	Προϊόντα επεξεργασίας των πρωτογενών δεδομένων, π.χ. συναθροισμένες χρονοσειρές, μέσες τιμές, χρονοσειρές από συμπλήρωση και αποκατάσταση της ομοιογένειας, κ.α. ή χρονοσειρές που προκύπτουν μέσω σύνθετων επεξεργασιών όπως από μοντέλα εκτίμησης της εξατμισοδιαπνοής ή από υδατικά ισοζύγια.
<b>Συνθετικά</b>	Τα συνθετικά δεδομένα αναφέρονται είτε σε χρονοσειρές πρόγνωσης, δηλαδή σε τιμές ενός μεγέθους που αναφέρονται σε περιόδους που δεν υπάρχουν μετρήσεις π.χ. με χρήση του υποσυστήματος «Κασταλία» είτε σε χρονοσειρές σύνθεσης π.χ. από ενοποίηση δειγμάτων πολλών σταθμών σε ένα ενιαίο δείγμα.

Στην υπό μελέτη περιοχή δημιουργήθηκαν συνθετικές χρονοσειρές με τη χρήση του προγράμματος Hydrognomon και του υποπρογράμματος Κασταλία για τον υπολογισμό της χρονοσειράς 1000 ετών για τις παραμέτρους βροχόπτωση, μέγιστη θερμοκρασία και ελάχιστη θερμοκρασία.

#### **4.3.2.1. Υποπρόγραμμα Κασταλία**

Για την σύνθεση μιας χρονοσειράς υψών βροχής έγινε χρήση του λογισμικού Hydrognomon και συγκεκριμένα του υποσυστήματος Castalia. Το εργαλείο αυτό επιτρέπει την παραγωγή χρονοσειρών βάση μια ιστορική χρονοσειρά και ένα μοντέλο που προεπιλέγεται. Τα τυπικά μοντέλα που μπορούμε να επιλέξουμε είναι δυο ειδών:

i. Μοντέλο αυτοσυσχέτισης (AR)

ii. Μοντέλο συμμετρικών κινούμενων μέσων όρων (SMA)

Έχει αποδειχθεί ότι το μοντέλο που αποδίδει τα καλύτερα αποτελέσματα σε μια τέτοιου είδους μελέτη είναι ένα μοντέλο συμμετρικών κινούμενων μέσων όρων (SMA) το οποίο και αναλύεται παρακάτω.

### Ανάλυση του μοντέλου συμμετρικών κινούμενων μέσων όρων (SMA)

Κάθε στοχαστική ανάλυση  $X_i$  με γνωστή ακολουθία αυτοσυνδιασπορών  $\gamma_j$  μπορεί να γραφεί ως ένα σταθμισμένο άθροισμα άπειρων τυχαίων μεταβλητών, ήτοι:

$$X_i = \sum_{j=-\infty}^0 a_{-j} V_{i+j} = \dots + a_2 V_{i-2} + a_1 V_{i-1} + a_0 V_i \quad (4.7)$$

όπου  $a_j$  οι συντελεστές στάθμισης που προσδιορίζονται από την ακολουθία των αυτοσυνδιασπορών  $\gamma_j$ , και  $V_i$  ο λευκός θόρυβος ή αλλιώς μεταβλητές ανανέωσης (innovations), που θεωρείται ότι είναι στοχαστικά ανεξάρτητες μεταξύ τους και έχουν μοναδιαία διασπορά.

Το μοντέλο (4.7) είναι το γνωστό σχήμα γέννησης κινούμενων προς τα πίσω μέσων όρων (BMA, backward moving average), το οποίο εισήχθη από τους Box και Jenkins. Ειδικότερα, οι συντελεστές  $a_j$  συνδέονται με τις αυτοσυνδιασπορές  $\gamma_j$  μέσω ενός συστήματος εξισώσεων της μορφής:

$$\gamma_i = \sum_{j=0}^{+\infty} a_j a_{i+j} \quad (4.8)$$

Στην πράξη, δηλαδή κατά την παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών μέσω του μοντέλου (4.7), το πλήθος των μεταβλητών ανανέωσης  $V_i$  δεν είναι άπειρο, καθώς: (α) το μήκος της προσομοίωσης, και, συνεπώς, το πλήθος των συνθετικών τιμών  $X_i$  είναι προφανώς πάντοτε πεπερασμένο, και (β) οι συντελεστές  $a_j$  τείνουν να μηδενιστούν όσο αυξάνει το χρονικό βήμα  $j$ , οπότε όλοι οι όροι της ακολουθίας (4.8) μπορούν να αμεληθούν μετά κάποιο πεπερασμένο όριο  $j > -s$ . Τονίζεται ότι το εν λόγω όριο  $s$  είναι πολύ μεγαλύτερο από την συνήθη τάξη  $p, q$  μιας στοχαστικής ανάλυσης τύπου ARMA. Με βάση τα παραπάνω, οι απειροσειρές (4.7) και (4.8) μπορούν να προσεγγιστούν από τις πεπερασμένες ακολουθίες:

$$X_i = \sum_{j=-s}^0 a_{-j} V_{i+j} = a_s V_{i-s} + a_2 V_{i-2} + a_1 V_{i-1} + a_0 V_i \quad (4.9)$$

$$\gamma_i = \sum_{j=0}^{s-i} a_j a_{i+j} \quad (4.10)$$

Για ευκολότερη εκτίμηση των συντελεστών του μοντέλου, ο Κουτσογιάννης (2000) εισήγαγε μια εναλλακτική διατύπωση. Αρχικά, υπέθεσε ότι η στοχαστική ανέλιξη  $X_i$  προκύπτει ως σταθμισμένο άθροισμα τόσο άπειρων προηγούμενων όσο και άπειρων επόμενων τυχαίων μεταβλητών, ορίζοντας έτσι το λεγόμενο σχήμα γέννησης κινούμενων μέσων όρων διπλής κατεύθυνσης (BFMA, backwardforward moving average), που είναι μια απειροσειρά της μορφής:

$$X_i = \sum_{j=-s}^{+s} a_{|j|} V_{i+j} = a_s V_{i-s} + \dots + a_1 V_{i-1} + a_0 V_i + a_1 V_{i+1} + \dots + a_s V_{i+s} \quad (4.11)$$

Οι συντελεστές  $a_j$  συνδέονται με τις αυτοσυνδιασπορές  $\gamma_j$  μέσω ενός συστήματος  $2s+1$  εξισώσεων της μορφής:

$$\gamma_i = \sum_{j=0}^{s-i} a_{|j|} a_{i+j} \quad (4.12)$$

ή ισοδύναμα:

$$\begin{aligned} \gamma_i &= \sum_{j=0}^i a_j a_{i+j} + 2 \sum_{j=i+1}^s a_j a_{j-i}, i = 0 \dots s \\ \gamma_i &= \sum_{j=i-s}^s a_j a_{i-j}, i = s+1 \dots 2s \end{aligned} \quad (4.13)$$

Λαμβάνοντας υπόψη ότι το πλήθος των συντελεστών  $a_j$  είναι ίσο με  $s+1$ , το μοντέλο (4.12) αναπαράγει τους πρώτους  $s+1$  όρους της ακολουθίας των αυτοσυνδιασπορών  $\gamma_j$  (που εκτιμώνται από την θεωρητική συνάρτηση αυτοσυνδιασποράς της ανέλιξης), ενώ και οι επόμενοι όροι μέχρι  $j = 2s$  εξακολουθούν να είναι μη μηδενικοί. Το σχήμα γέννησης SMA χρησιμοποιείται για την γέννηση των ετήσιων υδρολογικών μεταβλητών που θεωρούνται στάσιμες, καθώς στην κλίμακα αυτή εξαφανίζονται οι ενδοετήσιες περιοδικότητες. Το εν λόγω σχήμα, συνδυαζόμενο με την γενικευμένη



συνάρτηση αυτοσυνδιασποράς, είναι κατάλληλο για την αναπαραγωγή της μακροπρόθεσμης εμμονής των μεταβλητών. Συγκεκριμένα, όχι μόνο διατηρεί τις θεωρητικές τιμές που προκύπτουν με κατάλληλη ρύθμιση των παραμέτρων που χαρακτηρίζουν την εμμονή της στοχαστικής ανέλιξης, αλλά αναπαράγει θετικές τιμές των συνθετικών συντελεστών αυτοσυσχέτισης για μήκος διπλάσιο του αντίστοιχου μήκους του θεωρητικού αυτοσυσχετογράμματος. Οι παράμετροι του μοντέλου SMA είναι οι  $s + 1$  συντελεστές στάθμισης,  $a_j$ , και τα στατιστικά χαρακτηριστικά (μέση τιμή και ασυμμετρία) των μεταβλητών ανανέωσης,  $V_i$ .

### Παράμετροι του υποσυστήματος *Castalia*

Το σύστημα επιτρέπει την επιλογή των τιμών των παραμέτρων βάση των οποίων θα δημιουργηθεί η χρονοσειρά. Οι παράμετροι παρουσιάζονται κατηγοριοποιημένοι στους παρακάτω πίνακες:

**Πίνακας 4.3:** Παράμετροι που αναφέρονται στην παραγωγή τυχαίων αριθμών

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ - ΣΧΟΛΙΑ
Γεννήτρια αριθμών γάμα κατανομής	Μεταξύ των δύο γεννητριών, συνίσταται ο αλγόριθμος που βασίζεται στη μέθοδο της απόρριψης
Αριθμός Seed	Αρχική τιμή ("σπόρος") της ακολουθίας των τυχαίων αριθμών ομοιόμορφης κατανομής, οι οποίοι χρησιμοποιούνται βοηθητικά κατά την παραγωγή τυχαίων αριθμών γάμα κατανομής και σε ορισμένες ρουτίνες βελτιστοποίησης. Αλλάζοντας την τιμή του αριθμού Seed, παράγονται χρονοσειρές με ίδια στατιστικά χαρακτηριστικά αλλά διαφορετική ακολουθία τιμών.

**Πίνακας 4.4:** Παράμετροι που αναφέρονται στη διαδικασία διάσπασης των μητρώων συνδιασπορών

<b>ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ</b>	<b>ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ - ΣΧΟΛΙΑ</b>
Μέγιστο επιτρεπόμενο τετραγωνικό σφάλμα	Για την αποσύνθεση των μητρώων συνδιασπορών $c$ σε πολυμεταβλητά στοχαστικά σχήματα, ήτοι την επίλυση μιας μητρικής εξίσωσης της μορφής $b b^T = c$ , εφαρμόζεται μια τεχνική βελτιστοποίησης. Η εν λόγω παράμετρος εκφράζει την μέγιστη αποδεκτή τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης (τυπικά όρια 0.001 – 0.1).
Μέγιστος αριθμός εκκινήσεων από διαφορετικές (τυχαίες) τιμές	Για την προσέγγιση της ολικά βέλτιστης λύσης, ο αλγόριθμος βελτιστοποίησης επαναλαμβάνεται για καθορισμένο πλήθος αρχικών τιμών (1 - 100), ώστε να εξασφαλιστεί καλύτερη προσέγγιση της ολικά βέλτιστης λύσης. Η διαδικασία διακόπτεται μόλις επιτευχθεί η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή της συνάρτησης.
Κριτήριο σύγκλισης αλγορίθμου βελτιστοποίησης	Ο αλγόριθμος βελτιστοποίησης διακόπτεται μόλις η σχετική μεταβολή της τιμής της συνάρτησης γίνει μικρότερη από την τιμή της παραμέτρου (τυπικά όρια 0.0001 – 0.01).
Παράμετροι αντικειμενικής συνάρτησης ( $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, p$ )	Η αντικειμενική συνάρτηση περιλαμβάνει τρεις όρους: (1) απόκλιση ως προς τις ετεροσυσχετίσεις, (2) απόκλιση ως προς τις διασπορές, και (3) απόκλιση ως προς την ασυμμετρία του δείγματος. Τα $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ είναι οι αντίστοιχοι συντελεστές βάρους, με τυπικές τιμές $\lambda_1 = 1, \lambda_2 = 100, \lambda_3 = 0.001$ , ενώ ο ακέραιος $p$ εκφράζει την σχετική βαρύτητα του μέγιστου ως προς τον μέσο συντελεστή ασυμμετρίας (τυπική τιμή $p = 8$ ).
Ελάχιστη τιμή διαγώνιου στοιχείου (τριγωνοποίηση μητρώου $b$ )	Σε πρώτη προσέγγιση, το ζητούμενο μητρώο $b$ υπολογίζεται με τη μέθοδο τριγωνοποίησης Cholesky. Αν το μητρώο δεν είναι θετικά ορισμένο, τίθεται μια μικρή, μη μηδενική τιμή ορισμού στα διαγώνια στοιχεία του ( $< 0.1$ ).

**Πίνακας 4.5:** Παράμετροι που αναφέρονται στο στοχαστικό μοντέλο των ετήσιων μεταβλητών

<b>ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ</b>	<b>ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ - ΣΧΟΛΙΑ</b>
Επιλογή μοντέλου	AR(1): πρόκειται για μοντέλο βραχείας μνήμης. (SMA): το μοντέλο αναπαράγει το φαινόμενο της εμμονής
Εκτίμηση συντελεστών $\alpha$ του μοντέλου SMA	Οι συντελεστές $\alpha$ του μοντέλου SMA συνδέονται με την ακολουθία των αυτοσυνδιασπορών μέσω ενός συστήματος μη γραμμικών εξισώσεων. Οι εξισώσεις έχουν αναλυτική λύση με εφαρμογή της μεθόδου FFT, που προϋποθέτει μήκος αυτοσυσχετογράμματος που είναι δύναμη του 2. Διαφορετικά, επιλέγεται είτε η αναλυτική επίλυση του ολοκληρώματος Fourier (σχετικά αργή σύγκλιση) είτε η αριθμητική εκτίμηση (πολύ αργή σύγκλιση).
Κριτήριο σύγκλισης αριθμητικής μεθόδου	Εφόσον η εκτίμηση των συντελεστών $\alpha$ γίνεται αριθμητικά, ορίζεται η αντικειμενική συνάρτηση ενός προβλήματος βελτιστοποίησης. Η εν λόγω παράμετρος αποτελεί άνω όριο της σχετικής μεταβολής της τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης (τυπικά όρια 0.0001 – 0.01).
Συντελεστής αντικειμενικής συνάρτησης	Συντελεστής βάρους του δεύτερου όρου της αντικειμενικής συνάρτησης, ο οποίος εκφράζει την τετραγωνική απόκλιση ως προς τις διασπορές (τυπική τιμή 100).
Μήκος αυτοσυσχετογράμματος	Συστήνεται ο ορισμός τιμής που είναι δύναμη του 2, έτσι ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί η ταχεία μέθοδος FFT.

**Πίνακας 4.6** Παράμετροι που αναφέρονται στη γέννηση των συνθετικών χρονοσειρών

<b>ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ</b>	<b>ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ - ΣΧΟΛΙΑ</b>
Πλήθος συνθετικών χρονοσειρών	Το μέγιστο πλήθος χρονοσειρών είναι ίσο με 1 000, υπό την προϋπόθεση συνολικού πλήθους δεδομένων $\leq 100\ 000$ .
Μήκος συνθετικών χρονοσειρών	Το μέγιστο μήκος κάθε χρονοσειράς είναι ίσο με 10 000 έτη, υπό την προϋπόθεση συνολικού πλήθους δεδομένων $\leq 100\ 000$ .
Λειτουργία μοντέλου υπό μορφή πρόγνωσης	Το πρόγραμμα υποστηρίζει δύο τρόπους εφαρμογής του σχήματος γέννησης χρονοσειρών: (α) προσομοίωση μόνιμης κατάστασης, και (β) πρόγνωση με δεδομένες αρχικές συνθήκες. Στη δεύτερη περίπτωση, λαμβάνεται υπόψη η ακολουθία των παρελθουσών τιμών υπό μορφή μαθηματικής δέσμευσης.
Μέγιστη επιτρεπόμενη αρνητική τιμή	Εφόσον ο συντελεστής ασυμμετρίας είναι ιδιαίτερα υψηλός, μπορούν να παραχθούν αρνητικές τιμές. Η εν λόγω παράμετρος εκφράζει τη μέγιστη αποδεκτή αρνητική τιμή που στη συνέχεια τίθεται ίση με μηδέν.
Κριτήριο σύγκλισης αλγορίθμου γέννησης μηνιαίων χρονοσειρών	Για τη διατήρηση της ασυμμετρίας και των ετεροσυσχετίσεων των μηνιαίων συνθετικών χρονοσειρών ακολουθείται ένας επαναληπτικός αλγόριθμος. Η παράμετρος εκφράζει την ανοχή μεταξύ της ετήσιας και των επιμέρους μηνιαίων τιμών, ως ποσοστό της ετήσιας τυπικής απόκλισης (τυπικά όρια 0.05 – 0.5).
Μέγιστος αριθμός επαναλήψεων	Η παράμετρος εκφράζει το όριο επαναλήψεων του αλγορίθμου, ο οποίος διακόπτεται εφόσον επιτευχθεί το κριτήριο σύγκλισης (τυπικές τιμές 50 – 5 000).

Οι παράμετροι που τελικά επιλέχθηκαν για την δημιουργία των χρονοσειρών 1000 φαίνονται παρακάτω:

- ✚ Μέγιστο επιτρεπόμενο τετραγωνικό σφάλμα: 0,05
- ✚ Μέγιστος αριθμός εκκινήσεων από διαφορετικές (τυχαίες) τιμές: 50

- ✚ Κριτήριο σύγκλισης αλγορίθμου βελτιστοποίησης:  $10^{-5}$
- ✚  $\lambda_1$ : 1
- ✚  $\lambda_2$ : 1000
- ✚  $\lambda_3$ : 0,001
- ✚ p: 8
- ✚ Ελάχιστη τιμή διαγώνιου στοιχείου (τριγωνοποίηση μητρώου b): 0,0001
- ✚ Γεννήτρια αριθμών γάμα κατανομής: 3
- ✚ Αριθμός Seed: 1
- ✚ Κριτήριο σύγκλισης αριθμητικής μεθόδου: 0,0001
- ✚ Κριτήριο σύγκλισης αριθμητικής μεθόδου: 100
- ✚ Μήκος αυτοσυσχετογράμματος: 128
- ✚ Πλήθος συνθετικών χρονοσειρών: 1
- ✚ Μήκος συνθετικών χρονοσειρών: 1000 έτη
- ✚ Μέγιστη επιτρεπόμενη αρνητική τιμή: -0,5
- ✚ Κριτήριο σύγκλισης αλγορίθμου γέννησης μηνιαίων χρονοσειρών: 0,25
- ✚ Μέγιστος αριθμός επαναλήψεων: 100

Επίσης ως μεταβλητή του συστήματος, όπως αναφέρεται και παραπάνω τέθηκαν οι χρονοσειρές της χωρικά μέσης βροχόπτωσης, της μέγιστης θερμοκρασίας και της ελάχιστης θερμοκρασίας, και ως μοντέλο χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο SMA.

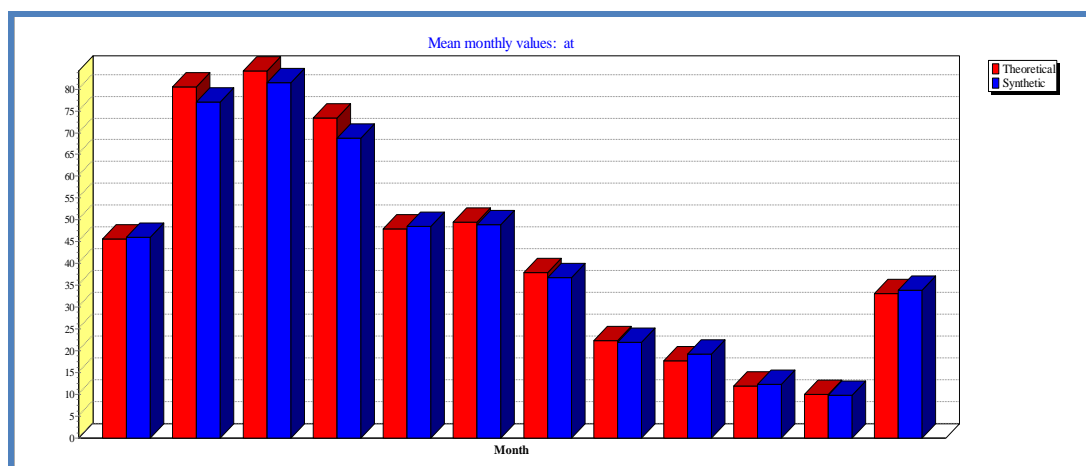
Το λογισμικό παρείχε μια σειρά από στατιστικά δεδομένα για την χρονοσειρά που παρήχθει με την διαδικασία που περιγράφηκε προηγουμένως. Ωστόσο στη συνέχεια παραβάλλονται τα βασικά στατιστικά μεγέθη (μέση τιμή και τυπική απόκλιση) που αποτελούν και τα ενδεικτικά στοιχεία για την ποιότητας της σύνθεσης της χρονοσειράς βάση των χαρακτηριστικών της ιστορικής αντίστοιχής της.

### Χρονοσειρές 1000 ετών

Οι χρονοσειρές των 1000 ετών που δημιουργήθηκαν παρουσιάζουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά (σε αντιπαράβολή με τα χαρακτηριστικά των ιστορικών δεδομένων):

Πίνακας 4.7: Μέσες μηνιαίες τιμές ύψους βροχής

Month	Οκτ	Νοε	Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαί	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Annual
Theoretical	45,61	80,53	84,16	73,32	47,91	49,42	37,99	22,41	17,73	12,01	10,07	33,14	495,07
Synthetic	46,09	76,97	81,42	68,73	48,49	48,98	36,88	22,05	19,19	12,4	9,91	33,93	504,72



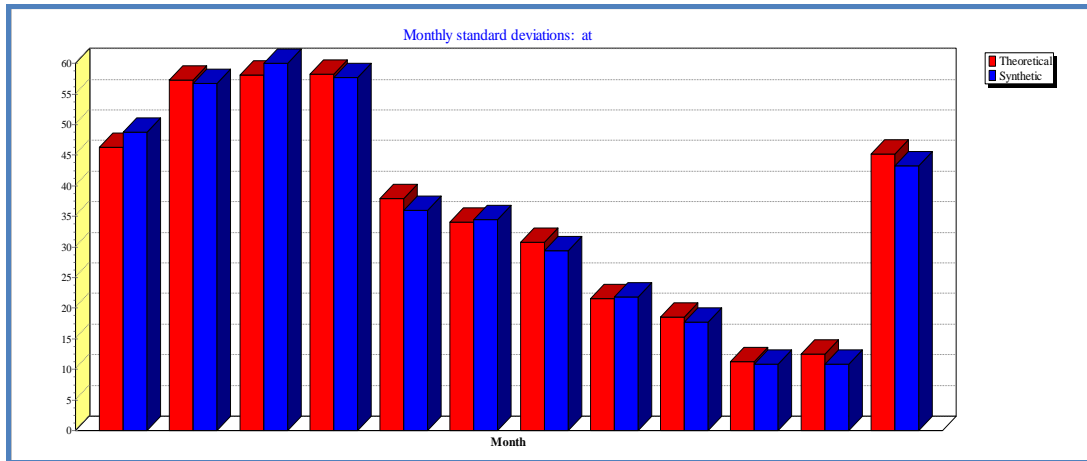
**Σχήμα 4.12:** Μέσες μηνιαίες τιμές της συνθετικής χρονοσειράς ύψους βροχής (μπλε) και της ιστορικής χρονοσειράς (κόκκινο) – παρουσιάζεται το υδρολογικό έτος (ΟΚΤ – ΣΕΠ)

Πίνακας 4.8: Τυπική απόκλιση μηνιαίων τιμών ύψους βροχής

Month	Οκτ	Νοε	Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαί	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Annual
Theoretical	46,34	57,35	58,1	58,21	37,85	34	30,75	21,5	18,55	11,33	12,53	45,21	172,86
Synthetic	48,83	56,73	60,02	57,75	36,02	34,48	29,37	21,81	17,72	10,8	10,79	43,22	172,36

Πίνακας 4.9 Μέσες μηνιαίες μέγιστες θερμοκρασίες

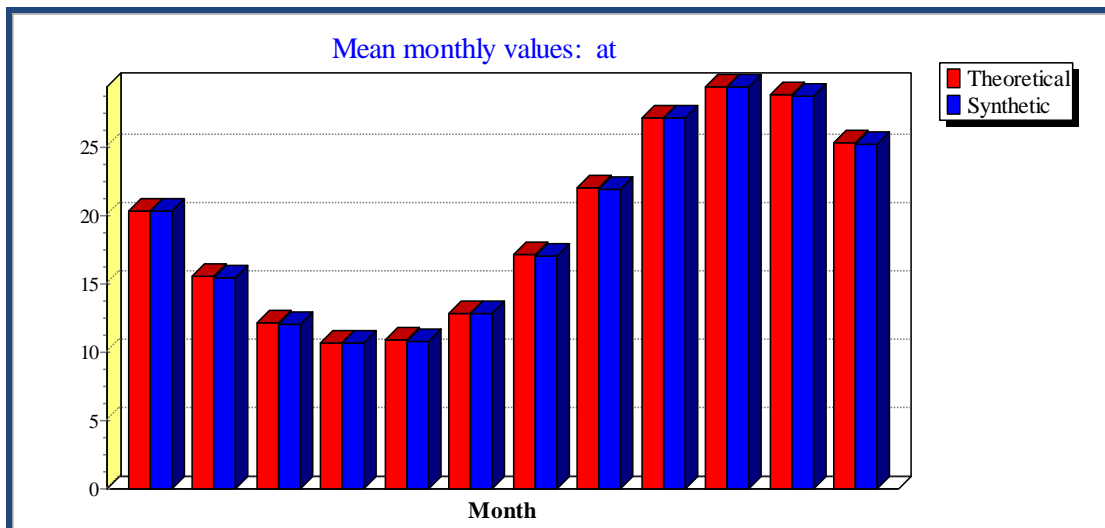
Month	Οκτ	Νοε	Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαί	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Annual
Theoretical	20,31	15,5	12,1	10,64	10,87	12,86	17,09	21,96	27,17	29,36	28,78	25,25	231,89
Synthetic	20,34	15,4	12,01	10,67	10,77	12,8	17,06	21,95	27,14	29,38	28,72	25,22	231,47



**Σχήμα 4.13:** Τυπική απόκλιση μηνιαίων των τιμών της συνθετικής χρονοσειράς ύψους βροχής (μπλε) και της ιστορικής χρονοσειράς (κόκκινο) – παρουσιάζεται το υδρολογικό έτος (ΟΚΤ – ΣΕΠ)

Πίνακας 4.10 Τυπική απόκλιση μηνιαίων τιμών υψηλών θερμοκρασιών

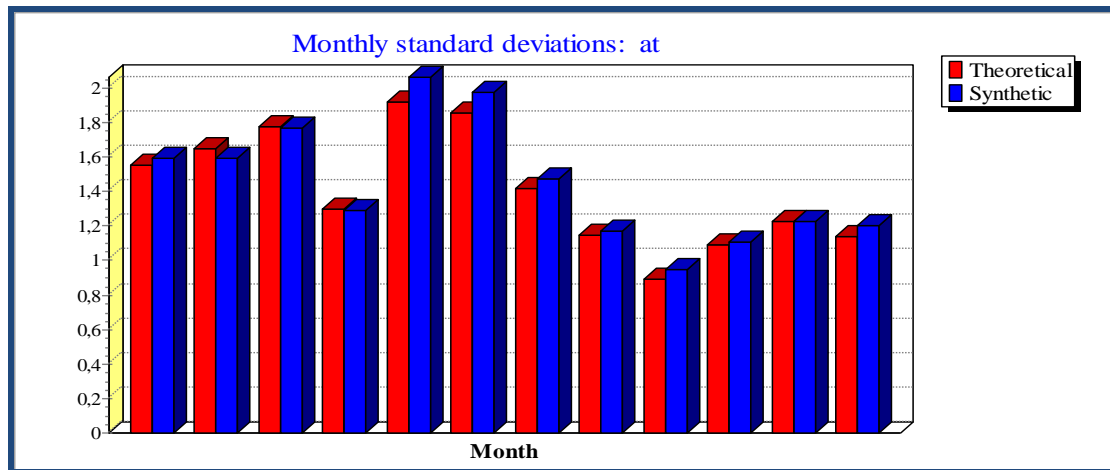
Month	Οκτ	Νοε	Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαί	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Annual
Theoretical	1,55	1,65	1,77	1,3	1,92	1,85	1,42	1,14	0,89	1,09	1,23	1,14	7,03
Synthetic	1,59	1,59	1,77	1,29	2,06	1,97	1,47	1,17	0,95	1,1	1,23	1,2	7,21



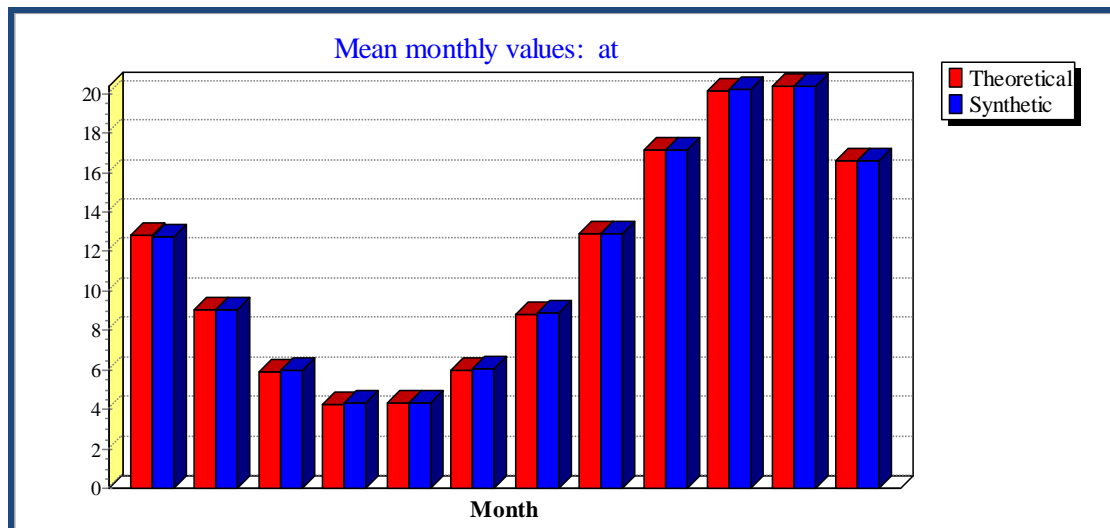
**Σχήμα 4.14:** Μέσες μηνιαίες τιμές της συνθετικής χρονοσειράς μέγιστης θερμοκρασίας (μπλε) και της ιστορικής χρονοσειράς (κόκκινο) – παρουσιάζεται το υδρολογικό έτος (ΟΚΤ – ΣΕΠ)

Πίνακας 4.11 Τυπική απόκλιση μηνιαίων τιμών υψηλών θερμοκρασιών

Month	Οκτ	Νοε	Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαί	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Annual
Theoretical	1.55	1.65	1.77	1.3	1.92	1.85	1.42	1.14	0.89	1.09	1.23	1.14	7.03
Synthetic	1.57	1.63	1.83	1.31	2.02	1.96	1.46	1.17	0.94	1.09	1.26	1.16	7.27



**Σχήμα 4.15:** Τυπική απόκλιση μηνιαίων των τιμών της συνθετικής χρονοσειράς μέγιστης θερμοκρασίας (μπλε) και της ιστορικής χρονοσειράς (κόκκινο) – παρουσιάζεται το υδρολογικό έτος (ΟΚΤ – ΣΕΠ)



**Σχήμα 4.16:** Μέσες μηνιαίες τιμές ελαχίστων θερμοκρασιών της συνθετικής χρονοσειράς (μπλε) και της ιστορικής χρονοσειράς (κόκκινο) – παρουσιάζεται το υδρολογικό έτος (ΟΚΤ – ΣΕΠ)

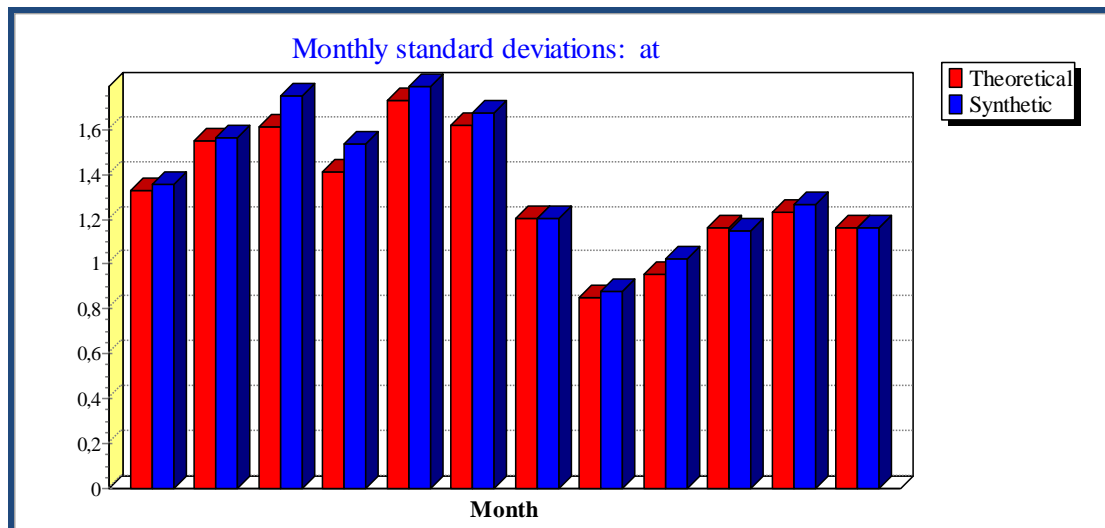


Πίνακας 4.12 Μέσες μηνιαίες ελάχιστες θερμοκρασίες

Month	Οκτ	Νοε	Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Annual
Theoretical	12,79	9,06	5,91	4,27	4,31	5,98	8,8	12,89	17,12	20,14	20,37	16,58	138,2
Synthetic	12,76	9,05	5,96	4,29	4,36	6,02	8,85	12,86	17,17	20,19	20,37	16,59	138,48

Πίνακας 4.13 Τυπική απόκλιση μηνιαίων τιμών ελαχίστων θερμοκρασιών

Month	Οκτ	Νοε	Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Annual
Theoretical	1,33	1,55	1,61	1,41	1,73	1,62	1,2	0,85	0,96	1,16	1,23	1,16	6,96
Synthetic	1,36	1,56	1,75	1,54	1,79	1,68	1,21	0,88	1,02	1,15	1,27	1,16	7,16

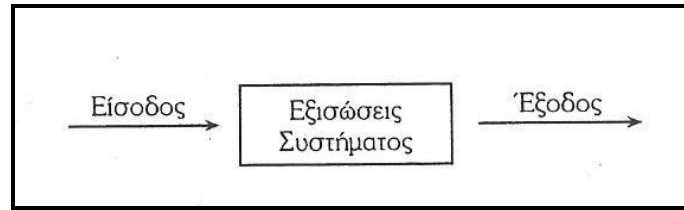


**Σχήμα 4.17** Τυπική απόκλιση μηνιαίων ελαχίστων θερμοκρασιών των τιμών της συνθετικής χρονοσειράς (μπλε) και της ιστορικής χρονοσειράς (κόκκινο) – παρουσιάζεται το υδρολογικό έτος (ΟΚΤ – ΣΕΠ)

#### 4.4. Μοντέλα Βροχόπτωσης –Απορροής –Εξατμισοδιαποή

Για την εκτίμηση της απορροής των υδρολογικών λεκανών χρησιμοποιούνται υδρολογικά μοντέλα βροχόπτωσης-απορροής.

Υδρολογικό μοντέλο είναι ένα σύνολο μαθηματικών εξισώσεων οι οποίες απεικονίζουν κατά προσέγγιση το σύνολο των αλληλοσυσχετιζόμενων φαινομένων που υπεισέρχονται στη διαδικασία μετατροπής της βροχής σε απορροή (Σχήμα 18).



**Σχήμα 4.18:** Γενική αναπαράσταση μοντέλου (Τσακίρης, 1995)

Όπου:

Είσοδος: Μετεωρολογικές μεταβλητές (κατακρημνίσεις, θερμοκρασία, άνεμος κ.λπ.).

Εξισώσεις συστήματος: Σύνολο μαθηματικών εξισώσεων που απεικονίζουν τις φυσικές διεργασίες μετατροπής της βροχής σε απορροή (κατακράτηση, εξατμισοδιαπνοή, διήθηση, επιφανειακή απορροή, ενδιάμεση απορροή, εδαφική υγρασία, αποθήκευση υπόγειου ορίζοντα). Τα τελευταία χρόνια, το αυξημένο ενδιαφέρον για τη ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων νερών, οδήγησε στην εισαγωγή στα υδρολογικά μοντέλα, αλγορίθμων προσομοίωσης χημικών διαδικασιών.

Έξοδος: Απορροή.

#### 4.4.1 Μοντέλα Βροχόπτωσης – Απορροής

Τα μοντέλα βροχόπτωσης – απορροής ταξινομούνται σε διάφορες κατηγορίες, ανάλογα με το είδος των εξισώσεων που περιλαμβάνουν, το χρονικό τους βήμα, τη λειτουργία τους σε πραγματικό χρόνο κλπ. Ο πλέον συνήθης διαχωρισμός των μοντέλων είναι, αφενός σε μοντέλα μεμονωμένου υδρολογικού γεγονότος και συνεχή μοντέλα, αφετέρου σε ενιαία (lumped) και κατανεμημένα (distributed). Διαφόρων ειδών μοντέλα βροχόπτωσης - απορροής χρησιμοποιούνταν ήδη από τα τέλη του 19ου αιώνα, σημαντική όμως τομή στην εξέλιξή τους, στις αρχές της δεκαετίας του 1960, ήταν η εισαγωγή των εννοιολογικών (conceptual) μοντέλων, τα οποία βασίζονταν στην προσπάθεια ανεύρεσης μιας πιο φυσικής ερμηνείας των διαδικασιών που αναπαριστούν την συμπεριφορά των διαφόρων συνιστωσών του υδρολογικού κύκλου, σε επίπεδο λεκάνης απορροής (Καϊμάκη και Καββαδίας, 1995).

Η ταξινόμηση των υδρολογικών μοντέλων γίνεται (Λουκάς & Μυλόπουλος, 2006):

### Ανάλογα με χρόνο προσομοίωσης

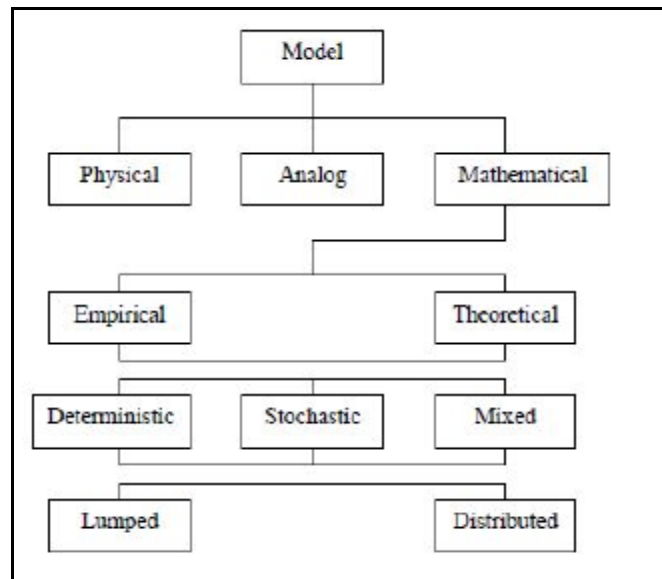
1) Μοντέλα μεμονωμένου υδρολογικού γεγονότος. Περιλαμβάνει ως είσοδο δεδομένα για ένα συγκεκριμένο γεγονός υετόπτωσης (συνήθως βροχής) – απορροής και αποδίδει την απορροή του γεγονότος (π.χ. Μοναδιαίο Υδρογράφημα, Μέθοδος SCS, Ορθολογική Εξίσωση, κλπ)

2) Συνεχή υδρολογικά μοντέλα. Περιλαμβάνει ως δεδομένα εισόδου μια ή περισσότερες σειρές παρατηρήσεων στο χρόνο μιας ή περισσότερων μετεωρολογικών παραμέτρων. Διακρίνονται ανάλογα με το χρονικό βήμα της προσομοίωσης σε:

- Ετήσια υδρολογικά μοντέλα
- Μηνιαία υδρολογικά μοντέλα
- Ημερήσια υδρολογικά μοντέλα
- Ωριαία υδρολογικά μοντέλα

### Ανάλογα με την χωρική προσομοίωση της λεκάνης απορροής

- Ενιαία ή αδρομερή υδρολογικά μοντέλα. Βασίζονται στην υπόθεση της ομοιόμορφης κατανομής στην επιφάνεια της λεκάνης απορροής των δεδομένων εισόδου (π.χ. υετόπτωση, θερμοκρασία, δυνητική εξατμισοδιαπνοή, κλπ.) και της εξόδου (π.χ. απορροής).
- Κατανεμημένα υδρολογικά μοντέλα. Βασίζονται στην υπόθεση της χωρικής κατανομής των δεδομένων εισόδου και εξόδου στη λεκάνη απορροής.
- Ημι-κατανεμημένα υδρολογικά μοντέλα. Βασίζονται στην υπόθεση της ομοιότητας της υδρολογικής απόκρισης ομοιογενών περιοχών (ομοιογενείς υδρολογικά περιοχές, υψομετρικές ζώνες, κλπ). Ενδιάμεσα μεταξύ αδρομερών και κατανεμημένων.



**Σχήμα 4.19** Ταξινόμηση Μοντέλων (Σταματάκος, 2010)

Σημαντική είναι η συμβολή της εξέλιξης των ηλεκτρονικών υπολογιστών στην ανάπτυξη των μοντέλων, καθώς οι αυξημένες υπολογιστικές δυνατότητες που παρέχουν δίνουν την ευχέρεια για καλύτερο έλεγχο και βελτίωση της δομής των λεκάνες απορροής μοντέλων αυτών.

Τα σημαντικότερα μοντέλα βροχοπτώσης –απορροής είναι (Τίγκας, 2003):

- Το TOPMODEL που αποτελείται από ένα σύνολο εννοιολογικών εργαλείων, που χρησιμοποιούνται για την αναπαραγωγή της υδρολογικής συμπεριφοράς των λεκανών απορροής με έναν κατανεμημένο ή ημι-κατανεμημένο τρόπο. Βασίζεται σε απλές θεωρίες υδρολογικών εκτιμήσεων, αλλά αναγνωρίζει ότι, εξαιτίας της έλλειψης μετρήσεων της εσωτερικής κατάστασης και των χαρακτηριστικών της λεκάνης απορροής, η έκφραση των εσωτερικών υδρολογικών αντιδράσεων της πρέπει απαραίτητα να είναι λειτουργική και να εισάγει τον ελάχιστο αριθμό παραμέτρων προς βαθμονόμηση.
- Το μοντέλο KINEROS (KINematic runoff and EROSion model) χρησιμοποιείται ευρέως στις Ηνωμένες Πολιτείες αλλά και σε άλλες χώρες. Η λογική δομή του βασίζεται στη διόδευση της επιφανειακής απορροής σε διαδοχικά επίπεδα ροής που συμβάλλουν σε πλευρικές εισροές σε κανάλια. Κατά την πορεία εξέλιξης του μοντέλου, προστέθηκαν στοιχεία σχετικά με τη διάβρωση του εδάφους, τη διήθηση, τη μεταφορά ιζημάτων, τη χωρική κατανομή των βροχοπτώσεων κτλ.

Το KINEROS έχει εφαρμοστεί σε αρκετές, μικρού και μέσου μεγέθους, λεκάνες απορροής, καθώς και σε μεγαλύτερες με ημίξηρα χαρακτηριστικά, δίνοντας, γενικά, ικανοποιητικά αποτελέσματα. (Smith et al., 1995).

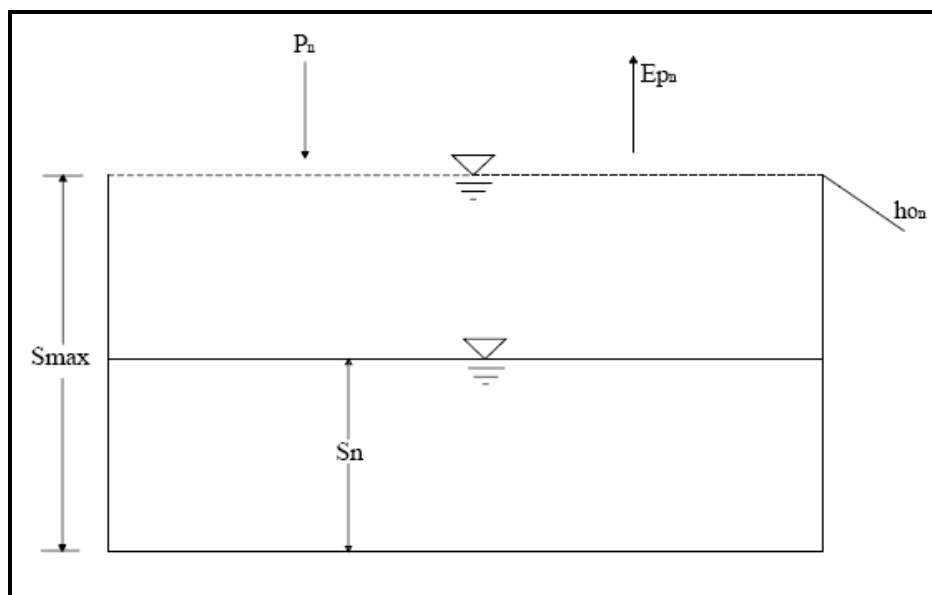
- Το μοντέλο TANK αναπτύχθηκε στην Ιαπωνία. Ο βασικός σχεδιασμός του αφορά, κυρίως, εφαρμογή του σε υγρά κλίματα, αλλά με τροποποιήσεις μπορεί να εφαρμοστεί και σε ξηρές περιοχές. Η δομή του βασίζεται στη θεώρηση της ύπαρξης τεσσάρων δεξαμενών, μέσα στις οποίες το νερό κινείται διαδοχικά. Η βροχόπτωση προστίθεται στην πρώτη δεξαμενή, ενώ αφαιρείται η εξάτμιση. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει αρκετή ποσότητα σε αυτή τη δεξαμενή, η αφαίρεση της εξάτμισης γίνεται από τις επόμενες δεξαμενές. Η απορροή υπολογίζεται ως το άθροισμα του νερού που εκρέει από κάθε δεξαμενή, αντιπροσωπεύοντας την επιφανειακή, την ενδιάμεση (intermediate) την υπόγεια (sub-base) και τη βασική (baseflow) απορροή, αντίστοιχα. Σε περίπτωση που το μοντέλο εφαρμόζεται για ανάλυση πλημμύρων, χρησιμοποιούνται μόνο οι δύο πρώτες δεξαμενές (Sugawara, 1995).
- Το μοντέλο SSARR (Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation) δίνει τη δυνατότητα προσομοίωσης ενός συστήματος απορροής ποταμού. Η λειτουργία του βασίζεται στη σύνθεση ενός υδρολογικού μοντέλου της λεκάνης απορροής (watershed model) και ενός μοντέλου του συστήματος ποταμού – αποθηκευτικών δεξαμενών (river/reservoir system model). λαμβάνοντας υπόψη εκτροπές, υπερχειλίσεις, τοπικές εισροές κτλ. Το μοντέλο αυτό έχει χρησιμοποιηθεί για διάφορες εφαρμογές, τόσο σε μικρής έκτασης (λίγων τετραγωνικών μιλίων), όσο και σε μεγάλες, σύνθετες λεκάνες απορροής (Speers, 1995).
- Το μοντέλο HBV μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα ημι-κατανεμημένο, εννοιολογικό μοντέλο (semi-distributed, conceptual model). Ως κύριες υδρολογικές μονάδες είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν υπολεκάνες, στις οποίες γίνεται κατανομή του υψομέτρου της περιοχής και μία βασική ταξινόμηση των χρήσεων γης. Η επιλογή της χρήσης υπολεκανών εφαρμόζεται σε γεωγραφικά ή κλιματολογικά ετερογενείς λεκάνες απορροής ή όταν υπάρχει παρουσία μεγάλων λιμνών. Το μοντέλο αναπτύχθηκε στις χώρες της Σκανδιναβίας, αλλά έχει χρησιμοποιηθεί σε αρκετά πεδία εφαρμογών σε πολλές χώρες ανά τον κόσμο (Bergström, 1995).

- Το απλό μοντέλο υδατικού ισοζυγίου (Simple Water Balance Model – S.W.B.M.) το οποίο βασίζεται στην υπόθεση ότι η αποθήκευση του νερού στη λεκάνη απορροής λαμβάνει χώρα μόνο στην ανώτερη εδαφική ζώνη. Ως δεδομένα εισόδου χρησιμοποιούνται οι τιμές της μηνιαίας βροχόπτωσης και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, ενώ εκτιμώνται οι μηνιαίες τιμές απορροής (Giakoumakis et al., 1991). Το μοντέλο αυτό το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία αναλύεται εκτενώς παρακάτω.

Το Μοντέλο Απλού Υδατικό Ισοζυγίου (SWBM) χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της απορροής των υδρολογικών λεκανών της υπό μελέτης περιοχής, με τη χρήση του λογισμικού πακέτου Medbasin.

#### 4.4.1.1. Απλό μοντέλο υδατικού ισοζυγίου (Simple Water Balance Model – S.W.B.M.)

Για την εκτίμηση της επιφανειακής απορροής στις εξεταζόμενες λεκάνες απορροής χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο απλού υδατικού ισοζυγίου στην ανώτερη επιφανειακή στρώση του εδάφους (ζώνη ριζοστρώματος) όπως προτάθηκε αρχικά από τον Thornthwaite και παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα 4.20 (Giakoumakis et al., 1991).



**Σχήμα 4.20** Σχηματική αναπαράσταση του μοντέλου του απλού υδατικού ισοζυγίου.

Πηγή: Τσακίρης 2001

Το απλό μοντέλο υδατικού ισοζυγίου (*Simple Water Balance Model – S.W.B.M.*) βασίζεται στην υπόθεση ότι η αποθήκευση του νερού στη λεκάνη απορροής λαμβάνει χώρα μόνο στην ανώτερη εδαφική ζώνη. Ως δεδομένα εισόδου χρησιμοποιούνται οι τιμές της μηνιαίας βροχόπτωσης και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, ενώ εκτιμώνται οι μηνιαίες τιμές απορροής.

Για τη βαθμονόμησή του χρησιμοποιείται μία βασική παράμετρος, η μέγιστη συνολική εδαφική αποθηκευτική ικανότητα ( $S_{max}$ ), ενώ σε άλλη εκδοχή του μοντέλου υπάρχει και μία δεύτερη παράμετρος, η σταθερά βαθιάς διήθησης ( $C$ ), η οποία λαμβάνει υπόψη της απώλειες λόγω βαθιάς διήθησης. Και οι δύο αυτές παράμετροι εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής.

Από το σχήμα 4.20 γίνεται σαφές ότι η ζώνη ριζοστρώματος του εδάφους, θεωρείται ως δεξαμενή αποθήκευσης μέγιστης χωρητικότητας  $S_{max}$ . στην οποία η ποσότητα  $S_n$  παριστάνει τη διαθέσιμη εδαφική υγρασία κατά το μήνα  $n$ . Επομένως, η διαφορά  $S_{max} - S_n$  είναι το μέσο μηνιαίο έλλειμμα υγρασίας στην επιφάνεια μιας μοναδιαίας λεκάνης (ΜΛ). Είναι προφανές ότι το ύψος της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας αυξάνει από την βροχόπτωση  $P_n$  και μειώνεται τόσο από την δυναμική εξατμισοδιαπνοή  $E_{p_n}$ , όσο και από τη βαθιά διήθηση  $D_n$ .

Ως δεδομένα εισόδου χρησιμοποιούνται μηνιαία ύψη βροχής και δυναμικής εξατμισοδιαπνοής. Η εξίσωση ισοζυγίου είναι η εξής:

$$S_n' = S_{n-1} + P_n - E_{p_n} \quad (4.14)$$

όπου:

$S_n$ : Διαθέσιμη εδαφική υγρασία (mm ύψους νερού),  $0 \leq S \leq S_{max}$ .

$P_n$ : Ύψος βροχής (mm ύψους νερού).

$E_{p_n}$ : Ύψος δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (mm ύψους νερού).

( $n = 1, 2, \dots, 12$ ): δείκτης που προσδιορίζει το χρονικό διάστημα στο οποίο αναφέρονται οι μεταβλητές. Εδώ κάθε τιμή του  $n$  αντιστοιχεί σε ένα μήνα.

Ανάλογα με την τιμή της μεταβλητής  $S'$  (Εξίσωση 1), το αντίστοιχο ύψος επιφανειακής απορροής του μήνα  $n$ ,  $h_{on}$ , εκτιμάται ως ακολούθως:

Εάν  $S_n' < 0$ :

$$S_n = 0 \quad h_{on} = 0 \quad D_n = 0$$

όπου  $D_n$ , ύψος βαθείας διήθησης το μήνα  $n$ , (mm ύψους νερού).

Εάν  $0 \leq S_n' \leq S_{max}$ :

$$S_n = S_n' \quad h_{on} = 0 \quad D_n = 0$$

Εάν  $S_n' > S_{max}$

$$S_n = S_{max} \quad h_{on} = K' \cdot (S_n - S_{max}) \quad D_n = K \cdot (S_n - S_{max}) \quad \text{όπου } K' = 1 - K \quad (4.15)$$

Στο μοντέλο περιέχονται δύο παράμετροι που πρέπει να προσδιοριστούν, (παράμετροι βαθμονόμησης): η μέγιστη διαθέσιμη εδαφική υγρασία  $S_{max}$  της επιφανειακής εδαφικής ζώνης, (mm ύψους νερού) και ο συντελεστής βαθείας διήθησης  $K$ , που εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής (ανάγλυφο, διηθητικότητα του εδάφους, φυτοκάλυψη κτλ).

Για τον προσδιορισμό του  $K$  ισχύει:

Μεγάλες κλίσεις- διαπερατά εδάφη → Μεγάλη κατεΐσδυση  $D$

Μεγάλες κλίσεις – αδιαπέρατα εδάφη → μικρή κατεΐσδυση  $D$

Για τον περιορισμό του αριθμού των παραμέτρων βαθμονόμησης, η μέγιστη διαθέσιμη εδαφική υγρασία  $S_{max}$ , μπορεί να εκτιμηθεί από την παρακάτω εξίσωση της Soil Conservation Service, (Mutreja, 1986):

$$S_{max} = 25.4 \cdot [(1000/CN) - 10] \quad (4.16)$$

όπου:

CN : είναι ο αριθμός καμπύλης, (Curve Number), που προσδιορίζεται από πίνακες, με βάση τις συνθήκες εδάφους, γεωλογίας, φυτοκάλυψης και χρήσης γης της λεκάνης απορροής, ( $0 < CN < 100$ ).



Με άλλη διατύπωση του μοντέλου του απλού υδατικού ισοζυγίου (Δ. Κουτσογιάννης, Θ Ξανθόπουλος, 1997) υπολογίζεται απ' ευθείας το συνολικό προς εκμετάλλευση υδατικό δυναμικό (άμεση απορροή **R**+ κατείδυση **I**). Πιο συγκεκριμένα διακρίνονται δύο περιπτώσεις.

**1.  $P_i \geq ET$ :**

$$S_i = \min\{S_{i-1} + P_i - ET_i, S_{\max}\} \quad (4.17)$$

$$(R+I)_i = \max(S_{i-1} + P_i - ET_i - S_{\max}, 0) \quad (4.18)$$

όπου:  $S_i, S_{i-1}$ : αποθήκευση εδαφικής υγρασίας κατά τους μήνες  $i$  και  $i-1$  αντίστοιχα (mm)

$P$  : το ύψος βροχής κατά το μήνα  $i$  (mm)

$ET$ .: το ύψος δυνητικής εξατμισοδιαπνοής του μήνα  $i$  (mm)

$(R+I)_i$ : πλεόνασμα νερού το μήνα  $i$  για άμεση απορροή + κατείδυση (mm)

$S_{\max}$  = μέγιστη αποθηκευτική ικανότητα εδάφους (mm)

**2.  $P_i < ET$ :**

$$S_i = S_{i-1} \exp(P_i - ET_i / S_{\max}) \quad (4.19)$$

$$(R+I)_i = 0 \quad (4.20)$$

Για κάθε μία από τις παραπάνω περιπτώσεις, η πραγματική εξατμισοδιαπνοή του μήνα  $i$  προκύπτει από την εξίσωση:

$$E_{\text{real}i} = (S_{i-1} - S_i) + P_i - (R+I)_i \quad (4.21)$$

Παρατήρηση: Ο διαχωρισμός του συνολικού προς εκμετάλλευση υδατικού δυναμικού σε άμεση απορροή και κατείδυση μπορεί να γίνει στη συνέχεια βασιζόμενοι στις γεωλογικές συνθήκες της περιοχής.

#### 4.4.2 Μοντέλα Εξατμισοδιαπνοής

Εξατμισοδιαπνοή είναι η διαδικασία με την οποία το νερό μεταβαίνει από την υγρή στην αέρια κατάσταση. Εξάτμιση έχουμε όταν ο αριθμός των μορίων του νερού που

μεταπίπτει στην αέρια φάση υπερβαίνει τον αριθμό των μορίων που υγροποιούνται. Η ενέργεια που απαιτείται για την μετατροπή του νερού σε υδρατμούς προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία. Στο φαινόμενο της εξάτμισης υπόκεινται τόσο τα νερά που βρίσκονται στην επιφάνεια της γης (λίμνες, ποτάμια, υδατοδεξαμενές, κ.λ.π.) όσο και εκείνα που βρίσκονται πολύ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Οι σπουδαιότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την εξάτμιση είναι (Λέκκας & Αλεξόπουλος, 1984):

- η θερμοκρασία του νερού.
- Η θερμοκρασία και η απόλυτη υγρασία του στρώματος του αέρα που είναι αμέσως επάνω από την εξατμιζόμενη επιφάνεια.
- Ο άνεμος που απομακρύνει τους υδρατμούς από την περιοχή της εξατμιζόμενης επιφάνειας και διατηρεί χαμηλή την απόλυτη υγρασία .
- Η πίεση των υδρατμών στην επιφάνεια και στο υπερκείμενο στρώμα αέρος.
- Η ποσότητα των αλάτων που είναι διαλυμένα στο νερό.
- Το βάθος της επιφάνειας του υπόγειου νερού.
- Τη δομή και τη σύσταση του εδάφους
- Τις βροχοπτώσεις σε συνδυασμό με την εποχή και τον τρόπο που πραγματοποιούνται.

Διαπνοή είναι η διαδικασία κατά την οποία η υπάρχουσα βλάστηση και οι καλλιέργειες αντλούν διαρκώς νερό από το υπέδαφος με το ριζικό τους σύστημα και το αποδίδουν με τα στόματα του φυλλώματος στην ατμόσφαιρα. Οι παράγοντες που επηρεάζουν η διαπνεόμενη ποσότητα νερού πέρα απ αυτούς που αναφέρθηκαν για την εξάτμιση είναι και οι ακόλουθοι (Λέκκας & Αλεξόπουλος, 1999):

- Το είδος, η πυκνότητα και το μέγεθος ή στάδιο ανάπτυξης της βλάστησης και των καλλιεργειών.
- Η υγρασία του εδάφους
- Η εποχή του έτους
- Οι καιρικές συνθήκες

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής είναι αρκετά δύσκολος και με αυτή έχει ασχοληθεί ένας μεγάλος αριθμός μελετητών και έχουν προταθεί ανάλογος αριθμός μεθόδων που όλες τους είναι προσεγγιστικές και που κατά κανόνα ισχύουν μόνο για τις περιοχές που πρωτοεμφανίστηκαν πειραματικά.

Η εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής καθώς και της εξάτμισης υδάτινων όγκων έχει σημαντικό ρόλο στην κατάρτιση των υδατικών ισοζυγίων, στην εκτίμηση των υδατικών αναγκών καθώς και σε άλλες εφαρμογές υδρολογικού ενδιαφέροντος. Οι μεθοδολογίες που εξετάζονται αφορούν τον έμμεσο υπολογισμό με την χρήση υδρομετεωρολογικών μεταβλητών σε μηνιαίο χρονικό βήμα με κάποιες δυνατότητες εφαρμογής και σε ημερήσιο χρονικό βήμα.

Υπάρχουν πολλά μοντέλα υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοή που είναι βασισμένα στις διεργασίες της και χρησιμοποιούν εξισώσεις που εκτιμούν τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή ή την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς. Οι εξισώσεις συνδυασμού βασιζόμενες σε φυσικό υπόβαθρο έχουν μια γενικότητα, γι' αυτό χρησιμοποιούνται συχνά σε ερευνητικούς σκοπούς, λόγω του μεγάλου αριθμού δεδομένων που απαιτούνται για τη διεκπεραίωσή τους. Παρακάτω περιγράφονται οι κυριότερες και πιο διαδεδομένες μέθοδοι σύμφωνα με τους Κουτσογιάννη και Ξανθόπουλο (1999).

#### **4.4.2.3. Εκτίμηση Εξατμισοδιαπνοής με τη χρήση του Λογισμικού DrinC**

Η εξατμισοδιαπνοή των υπό μελέτη λεκανών, υπολογίστηκε με χρήση του λογισμικού DrinC κάνοντας χρήση της μεθόδου Hardgreaves λαμβάνοντας υπόψη το γεωγραφικό πλάτος και τους Μ.Ο των μετρήσεων της μέγιστης και ελάχιστης ημερήσιας θερμοκρασίας.

Το λογισμικό DrinC (Υπολογισμός Δεικτών Ξηρασίας) στοχεύει στην παροχή ενός εύχρηστου εργαλείου για τον υπολογισμό διαφόρων δεικτών ξηρασίας, με έμφαση στους δύο πρόσφατα ανεπτυγμένους δείκτες ξηρασία: τον RDI - Reconnaissance Drought Index (RDI) ι το Δείκτη Ξηρασίας Υδατορευμάτων (SDI -Streamflow Drought Index). Το κοινό χαρακτηριστικό του υπολογισμού των δεικτών είναι ότι απαιτείται σχετικά μικρός αριθμός δεδομένων και τα αποτελέσματα μπορούν να ερμηνευθούν εύκολα και να χρησιμοποιηθούν στο στρατηγικό σχεδιασμό και τις επιχειρησιακές εφαρμογές. Το λογισμικό πρόγραμμα DrinC έχει πλήρη

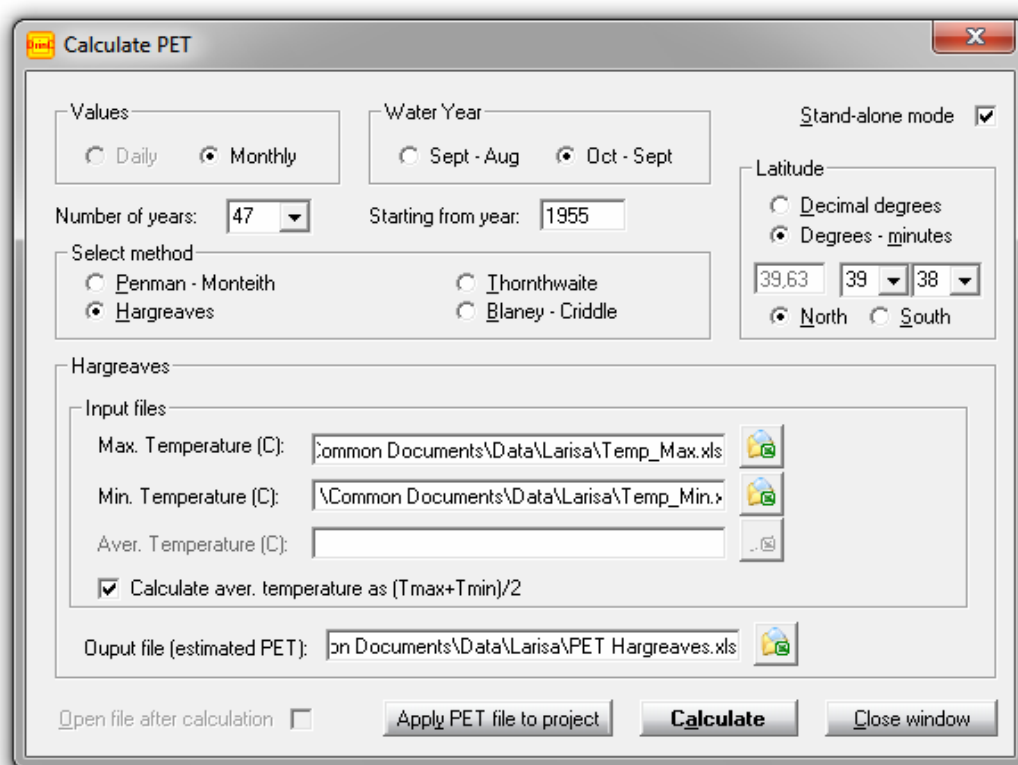
λειτουργικότητα γραφικής διασύνδεσης χρήστη (GUI) και τρέχει σε λειτουργικά συστήματα MS Windows.

Τα απαιτούμενα δεδομένα εισόδου φαίνεται στον ακόλουθο Πίνακα:

Δείκτης	Απαιτούμενα δεδομένα
Δεκατημόρια Βροχόπτωσης	Βροχόπτωση
RDI	Βροχόπτωση, εξατμισοδιαπνοή ή θερμοκρασία
SPI	Βροχόπτωση
SDI	Απορροή

Το λογισμικό DrinC παρέχει μια ενότητα για τον υπολογισμό της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (PET) με μεθόδους που βασίζονται σε δεδομένα θερμοκρασίας:

- Hargreaves (Tmin, Tmax)
- Thornthwaite (Tmean)
- Blaney - Criddle (Tmean)



**Σχήμα 4.21.** Υπολογισμός Εξατμισοδιαπνοής με τη χρήση του λογισμικού DrinC και τη μέθοδο Hargreaves.

Αξιοσημείωτο είναι να αναφερθεί ότι θα πρέπει να υπάρχουν δεδομένα τουλάχιστον για περίοδο 30 ετών προκειμένου να παράγει αξιόπιστα αποτελέσματα.

Τα αρχείο εισόδου και εξόδου είναι σε μορφή MS Excel® 97-2003 (\* xls). Είναι σημαντικό να μετατραπούν οι νεότερες μορφές αρχείων (\* .xlsx) σε MS Excel® 97-2003 χρησιμοποιώντας το σχετικό «Αποθήκευση ως ...» στο MS Excel®, διαφορετικά τα δεδομένα δε θα φορτωθούν σωστά.

Η εξατμισοδιαπνοή στην περιοχή μελέτης υπολογίστηκε με χρήση του λογισμικού DrinC κάνοντας χρήση της μεθόδου Hargreaves λαμβάνοντας υπόψη το γεωγραφικό πλάτος και τους Μ.Ο των μετρήσεων της μέγιστης και ελάχιστης ημερήσιας θερμοκρασίας (Σχήμα 4.21)

Για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής χρησιμοποιήθηκαν τα θερμοκρασιακά δεδομένα της χρονοσειράς των 1000 ετών που υπολογίστηκαν με το υποπρόγραμμα Castalia του προγράμματος Υδρογνώμων. Ο υπολογισμός της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής πραγματοποιήθηκε για δύο εκατονταετίες 2014-2013 & 2114-2213.

Τα αποτελέσματα του μέσου όρου υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής για την 100ετία 2014-2113 & 2114-2213 φαίνονται στον πίνακα 4.14.

**Πίνακας 4.14** Αποτελέσματα εξατμισοδιαπνοής για την 100ετία 2014-211 & 2114.

Estimated PET (mm/month) - Hargreaves method - Location's latitude: 39o45'													
Year	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Annual
2014 - 2113	62,4	34,4	25,5	28,1	34,6	55,4	86,1	122,0	148,7	153,3	129,7	96,0	976,2
2114 - 2213	60,7	35,7	26,4	28,4	33,2	54,9	83,6	122,4	148,6	152,0	128,6	95,3	969,8

#### 4.3.4 Εκτίμηση Απορροής με τη χρήση του Λογισμικού Πακέτου Medbasin

Για τον υπολογισμό της απορροής των υπό μελέτη λεκανών χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό medbasin και η μέθοδος SWB (Απλό Υδατικό Ισοζύγιο) (stand alone) με χρήση πρωτογενών δεδομένων από την τριακονταετία των μετρήσεων για τα ύψη βροχόπτωσης (Μ.Ο) και τον υπολογισμό της PET (εξατμισοδιαπνοής).

Για την απλοποίηση των υπολογισμών της μεθόδου του απλού υδατικού ισοζυγίου (SWB) χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πακέτο MedBasin στο οποίο υπάρχει αυτοματοποιημένη ρουτίνα με την εφαρμογή της μεθόδου του απλού υδατικού ισοζυγίου σύμφωνα με τις σχέσεις που περιγράφηκαν στο υποκεφάλαιο 4.4.1.1.

Για την εφαρμογή του μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα οι τιμές μηνιαίας βροχόπτωσης και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, η έκταση της λεκάνης απορροής και συντελεστές C και CN.

Ως στοιχεία εξόδου της όλης διαδικασίας λαμβάνονται αρχεία "excel" με τις μηνιαίες τιμές της απορροής και της βαθιάς κατείδυσης (σε m<sup>3</sup>, mm ;h m<sup>3</sup>/s) και της μηνιαίας πραγματικής εξατμισοδιαπνοής.

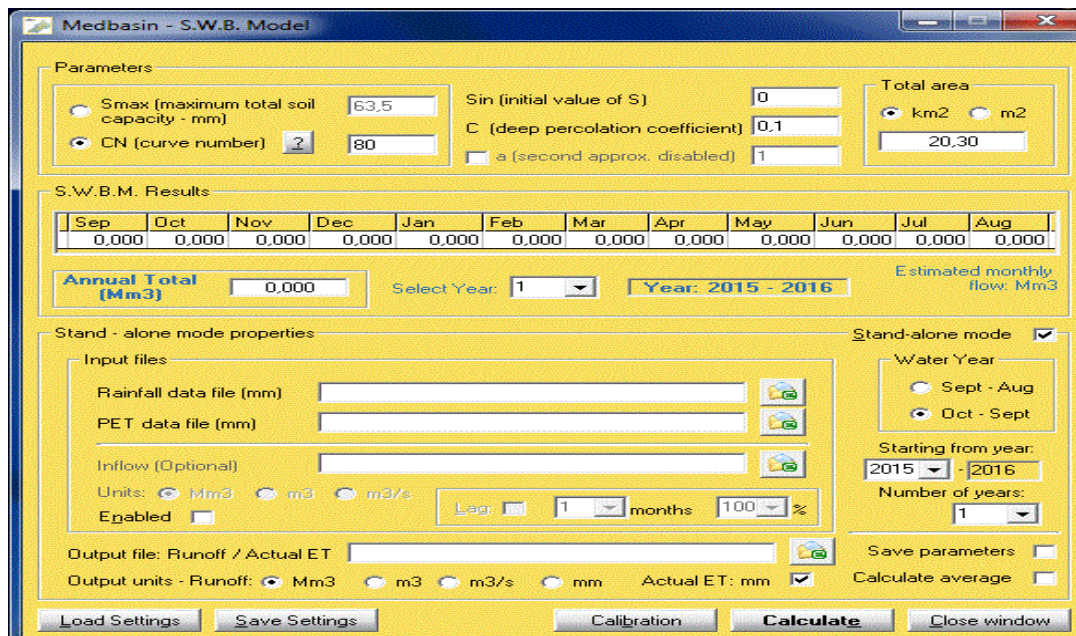
Ο αριθμός καμπύλης απορροής (curve number, CN) είναι μια χαρακτηριστική παράμετρος της λεκάνης απορροής, που προτάθηκε από την Αμερικανική Soil Conservation Service (SCS, 1972). Η παράμετρος CN παίρνει τιμές από 0 μέχρι 100, και επηρεάζεται από τις συνθήκες εδάφους, τις χρήσεις γης, και τις προηγούμενες συνθήκες εδαφικής υγρασίας στη λεκάνη απορροής. Προκύπτει από τα παραπάνω ότι για τον προσδιορισμό του πρέπει να γίνουν χωρικές πράξεις μεταξύ των δύο επιπέδων (χρήσεις γης και κατηγορίες εδαφών) ώστε να προκύψουν ζώνες στη λεκάνη απορροής με κοινούς αριθμούς καμπύλης απορροής.

Τα κύρια μέρη που απαρτίζουν το πρόγραμμα Medbasin και θα περιγραφούν αναλυτικότερα στη συνέχεια είναι τα εξής:

- Είσοδος στο πρόγραμμα
- Εισαγωγή των παραμέτρων του μοντέλου – Κύρια οθόνη του προγράμματος
- Εισαγωγή - Δημιουργία αρχείων δεδομένων
- Πίνακες δεδομένων
- Διαδικασία βαθμονόμησης – Επαλήθευση αποτελεσμάτων
- Λειτουργία του μοντέλου – Αποτελέσματα
- Αποθήκευση ρυθμίσεων και αποτελεσμάτων

- Χρήση μενού βοήθειας

Στο παρακάτω σχήμα 4.22 φαίνεται ο πίνακας εισόδου παραμέτρων για την εφαρμογή του μοντέλου του απλού υδατικού ισοζυγίου στο Medbasin. Οι παράμετροι μπορούν να εισαχθούν είτε με απευθείας πληκτρολόγηση ή από υπάρχον αρχείο.



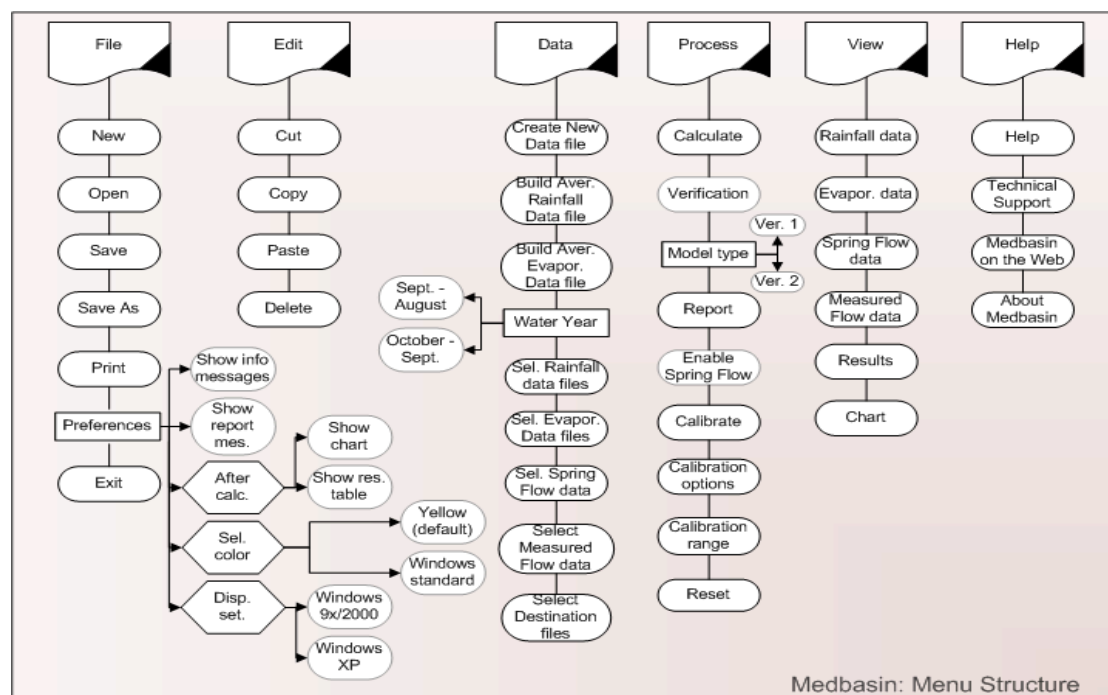
**Σχήμα 4.22.** Παράθυρο εισόδου δεδομένων του προγράμματος Medbasin

Στο πλαίσιο με τον τίτλο ‘Parameters’ υπάρχουν οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται από το μοντέλο. Σε περίπτωση που δεν έχει προηγηθεί βαθμονόμηση του μοντέλου και δεν είναι γνωστές οι τιμές των παραμέτρων, παρέχονται κάποιες ενδεικτικές αρχικές τιμές (defaults). Οι τιμές των παραμέτρων μπορούν να αποθηκευτούν από τον χρήστη σε ανεξάρτητο αρχείο.

Στο πλαίσιο με τον τίτλο ‘Years’ ορίζεται ο αριθμός των ετών, που θα χρησιμοποιηθούν για την εφαρμογή του μοντέλου, καθώς και τα υδρολογικά έτη στα οποία αναφέρονται. Η ορθή αναγραφή των ετών είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό των δισεκτων, ώστε να γίνεται σωστή μέτρηση των ημερών ανά μήνα.

Εκτός από την εφαρμογή των βασικών εντολών, ο χρήστης μπορεί να κάνει διάφορες επιλογές, όπως την περίοδο του υδρολογικού έτους (Σεπτέμβριος – Αύγουστος ή Οκτώβριος – Σεπτέμβριος), την εμφάνιση μηνυμάτων αναφοράς ή πληροφόρησης, την εμφάνιση των διαγραμμάτων ή του πίνακα αποτελεσμάτων μετά τους

υπολογισμούς κτλ. Αναλυτικά η δομή του ‘μενού’ του προγράμματος παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα 23.



Σχήμα 4.23. Δομή του ‘μενού’ του προγράμματος Medbasin.

#### 4.4.3 Εφαρμογή του μοντέλου medbasin στις κύριες λεκάνες

Για την εφαρμογή της μεθόδου στις υπό μελέτη υπολεκάνες εισήχθησαν πρωτογενή δεδομένα από τις δύο εκατονταετίες 2014-2113 & 2114-2213 των συνθετικών χρονοσειρών 1000 ετών για τα ύψη βροχόπτωσης (M.O) και τον υπολογισμό της PET (εξατμισοδιαπνοής).

Στην περιοχή μελέτης επιλέχθηκε ο ορεινός βοσκοτόπος σε καλή κατάσταση για έδαφος κατηγορίας C και D με τιμές CN = 74 και CN =80, αντίστοιχα. (Πίνακας 4.15).

Η παράμετρος C έχει να κάνει με την διηθητικότητα του εδάφους. «όσο μικρότερος αριθμός μικρότερη διήθηση». Επιλέχθηκαν οι τιμές 0.1 και 0.20 που αντιπροσωπεύουν σε μεγάλο βαθμό τις γεωλογικές συνθήκες της περιοχής μελέτης (Αργιλικά Εδάφη με υψηλό υδροφόρο ορίζοντα και Ανδεσίτες – Δακίτες με μηδανινή Υδροπερατότητα)



**Πίνακας 4.15** Τυπικές τιμές του αριθμού καμπύλης απορροής (CN) κατά U.S.S.A. 1986 για αγροτικές, ημιαστικές και αστικές περιοχές και για προηγούμενες συνθήκες υγρασίας τύπου II (U.S.S.A., 1986).

Cover description	Hydrologic condition	Curve numbers for hydrologic soil group			
		A	B	C	D
Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing. <sup>2/</sup>	Poor	68	79	86	89
	Fair	49	69	79	84
	Good	39	61	74	80
Meadow—continuous grass, protected from grazing and generally mowed for hay.	—	30	58	71	78
Brush—brush-weed-grass mixture with brush the major element. <sup>3/</sup>	Poor	48	67	77	83
	Fair	35	56	70	77
	Good	30 <sup>4/</sup>	48	65	73
Woods—grass combination (orchard or tree farm). <sup>5/</sup>	Poor	57	73	82	86
	Fair	43	65	76	82
	Good	32	58	72	79
Woods. <sup>6/</sup>	Poor	45	66	77	83
	Fair	36	60	73	79
	Good	30 <sup>4/</sup>	55	70	77
Farmsteads—buildings, lanes, driveways, and surrounding lots.	—	59	74	82	86

#### 4.5 Εκτίμηση Εκμεταλλεύσιμου Υδατικού Δυναμικού

Το εκμεταλλεύσιμο επιφανειακό υδατικό δυναμικό (ΕΕΥΔ) ορίζεται ως το τμήμα εκείνο του θεωρητικού επιφανειακού υδατικού δυναμικού (ΘΕΥΔ) που είναι δυνατόν να αποληφθεί πραγματικά με βάση όλα τα υφιστάμενα (ή μελετηθέντα σε οποιοδήποτε στάδιο) έργα στην εξεταζόμενη λεκάνη. Από τον ορισμό προκύπτουν τα δεδομένα που απαιτούνται για τον υπολογισμό του ΕΕΥΔ:

Το ΘΕΥΔ, δηλαδή η απορροή λεκάνης.

Δεδομένα σχετικά με τα έργα που επιτρέπουν την απόληψη νερού (υδροληπτικά έργα).

Η ταυτόχρονη θεώρηση των υδροληπτικών έργων και των φυσικών διεργασιών στις εξεταζόμενες λεκάνες, εισάγει δυσκολίες στον υπολογισμό του ΕΕΥΔ καθώςον:

Η εκτίμηση εξαρτάται απόλυτα από ορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά των έργων,

Η εκτίμηση εξαρτάται και από τον τρόπο λειτουργίας των έργων, και

Η λειτουργία των έργων εισάγει πρόσθετες φυσικές διεργασίες οι οποίες, με τη σειρά τους, δημιουργούν πρόσθετες απώλειες και αβεβαιότητα στο αποτέλεσμα (π.χ., απώλειες εξάτμισης και υπόγειων διαφυγών από ταμιευτήρα).

Μέχρι στιγμής, δεν υφίσταται μεθοδολογία εκτίμησης του ΕΕΥΔ που να τυγχάνει γενικής εφαρμογής σε κάθε περίπτωση. Η ποικιλία των μεθοδολογιών που προτάθηκαν είναι εξαιρετικά μεγάλη. Αυτές εντάσσονται στο επιστημονικό πεδίο που είναι γνωστό ως ανάλυση συστημάτων (Loucks κ.ά., Mays και Tung, 1996).

Για την εκτίμηση ενός μεγίστου του ΕΕΥΔ θεωρείται ότι η λεκάνη απορροής διαθέτει (υποθετικά) έναν ταμιευτήρα μεγάλων διαστάσεων στην έξοδό της. Με την ύπαρξη του ταμιευτήρα αυτού προκύπτει το μέγιστο ΕΕΥΔ της λεκάνης απορροής. Πιο ρεαλιστικές εκτιμήσεις προκύπτουν με βάση τα έργα που είναι δυνατόν να κατασκευασθούν στη λεκάνη και συνήθως υπολείπονται του μεγίστου ΕΕΥΔ.

Η εκτίμηση του ΕΕΥΔ είναι ένα σχετικά δύσκολο θέμα. Τυπικές απλές περιπτώσεις είναι:

- Λεκάνη απορροής με έργο υδροληψίας χωρίς ταμίευση στην έξοδό της.
- Λεκάνη απορροής με έναν ταμιευτήρα στην έξοδό της.

Θα εξετάσουμε τις περιπτώσεις λεκάνης απορροής με έναν ταμιευτήρα στην έξοδό τους με προσομοίωση για διαστασιολογημένο ταμιευτήρα λαμβάνοντας υπόψιν τις γεωμορφολογικές συνθήκες τις περιοχής καθώς και τις ανάγκες της ζήτησης για άρδευση και ύδρευση κατάντι της περιοχής.

#### **4.5.1 Προσομοίωση Ταμιευτήρα Κατάντι της Λεκάνης Απορροής**

Η προσομοίωση λειτουργίας του ταμιευτήρα περιλαμβάνει την αναπαράσταση λειτουργίας του με μαθηματικά μοντέλα στο πέρασμα του χρόνου. Τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό είναι μοντέλα βροχής απορροής τα οποία διακρίνονται σε φυσικά και μοντέλα μαύρου κουτιού. Τα μοντέλα μαύρου κουτιού (Black Box), απαιτούν μεγάλος αριθμός ετών προσομοίωσης για μεγαλύτερη αξιοπιστία. Για κάθε υπο εξέταση λεκάνη απορροής γίνεται εφαρμογή Προσομοίωσης για 2 εκατονταετίες λαμβάνοντας δεδομένα για τις ακραίες τιμές της επιφανειακής απορροής που προέκυψαν από το πρόγραμμα Medbasin.

Για τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου σε ένα χρονικό διάστημα  $\Delta t$  υπολογίστηκαν τα παρακάτω μεγέθη:

### Εισροές

$Q_{ij}$ : Συνολική απορροή υδατορευμάτων που εισρέουν στον ταμιευτήρα σε όρους όγκου νερού στο διάστημα ενός μήνα  $j$  του έτους  $i$ .

$P_{ij}$ : Βροχόπτωση σε όρους ύψους νερού στο διάστημα ενός μήνα  $j$  του έτους  $i$ .

### Εκροές

$E_{ij}$ : Εξάτμιση από την επιφάνεια του ταμιευτήρα σε όρους ύψους νερού στο διάστημα ενός μήνα  $j$  του έτους  $i$ .

$R_{ij}$ : Πραγματική απόληψη για καταναλωτική χρήση σε όρους όγκου νερού στο διάστημα ενός μήνα  $j$  του έτους  $i$ .

$RE_{ij}$ : Πραγματική απόληψη για περιβαλλοντική διατήρηση του κατάντη οικοσυστήματος.

σε όρους όγκου νερού στο διάστημα ενός μήνα  $j$  του έτους  $i$ .

$SP_{ij}$ : Υπερχείλιση σε όρους όγκου νερού στο διάστημα ενός μήνα  $j$  του έτους  $i$ .

$L_{ij}$ : Υπόγειες διαφυγές σε όρους όγκου νερού στο διάστημα ενός μήνα  $j$  του έτους  $i$ .

### Κατάσταση ταμιευτήρα

$S_{ij}$ : Ωφέλιμο απόθεμα στην αρχή του μήνα  $j$  του έτους  $i$  :

### Ζήτηση νερού:

Για καταναλωτική χρήση  $D_j = \lambda_j * D$  (4.16)

όπου  $D$ : Ετήσια ζήτηση σταθερή σε όλα τα έτη

$\lambda$ : συντελεστής ανισοκατανομής της ζήτησης του μήνα  $j$  με  $\sum \lambda_j = 1$  ( $j=1, \dots, 12$ )

(οι τιμές αυτές επαναλαμβάνονται για κάθε έτος)

### Προσωρινά διαθέσιμο νερό για κάθε χρήση:

$$SA_{ij} = S_{ij} + Q_{ij} + \gamma * P_{ij} * A_{ij} - \gamma * E_{ij} * A_{ij} \quad (4.22)$$

όπου:

$A_{ij} = f(S_{ij})$  το εμβαδόν επιφάνειας καθρέπτη του ταμιευτήρα στο διάστημα ενός μήνα  $j$  του έτους  $i$ .

$\gamma$ : συντελεστής μετατροπής μονάδων.

Η απόληψη για τη διατήρηση του κατάντη οικοσυστήματος σύμφωνα με τον τυπικό κανόνα λειτουργίας (standard operating rule) είναι:

$RE_{ij} = \min(SA_{ij}, q_t)$  (4.23) όπου  $q_t$  η ζήτηση του νερού για διατήρηση του κατάντη οικοσυστήματος (θεωρητικά=0).

Η απόληψη για καταναλωτική σύμφωνα με τον ίδιο κανόνα.

$R_{ij} = \min(SA_{ij} - RE_{ij}, Di_j)$  (4.24)

Από τις παραπάνω σχέσεις το υδατικό ισοζύγιο έχει την παραπάνω μορφή

**ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ :  $S_{ij+1} = SA_{ij} - RE_{ij} - R_{ij} - SP_{ij}$**

(απόθεμα στην αρχή του επόμενου μήνα j+1)

Οι τιμές των μηνιαίων βροχοπτώσεων και των μηνιαίων τιμών εξάτμισης λαμβάνονται από την συνθετική χρονοσειρά των χιλίων ετών καθώς και από τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής μέσω του προγράμματος DrinC. Οι τιμές αυτές δεν ανάγονται στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης του ταμιευτήρα λόγω του μικρού μέσου ύψους (Μικρότερο - ίσο με 100 μέτρα). Οι συνολικές απορροές που εισρέουν στον ταμιευτήρα σε όρους όγκου νερού στο διάστημα ενός μήνα j του έτους i προκύπτουν από την εφαρμογή του προγράμματος MEDBASIN για την κάθε εκατονταετία (2014-2113 & 2114-2213).

Στη συνέχεια, για τον προσδιορισμό της συνάρτησης  $A_{ij} = f(S_{ij})$  γνωστή ως συνάρτηση αποθέματος δημιουργήθηκε το διάγραμμα επιφάνειας καθρέπτη-ωφέλιμου αποθέματος με τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του διαγράμματος στάθμης όγκου με τη διαφορά πως εδώ χρησιμοποιήθηκε ο ωφέλιμος κάθε φορά όγκος και η αντίστοιχη επιφάνεια καθρέπτη.

Για τον προσδιορισμό του διαγράμματος στάθμης-επιφάνειας καθρέπτη, δηλαδή της επιφάνειας της που προσομοιάζει μία τεχνητή λίμνη σε κάθε κανονική στάθμη ύδατος (υψόμετρο Z) μετρήθηκε το εμβαδόν διαδοχικών ισοϋψών καμπυλών ανά δέκα μέτρα μεταξύ του άξονα του φράγματος και για ΔZ περίπου σαράντα με πενήντα μέτρα αναλόγως την τοπογραφία της περιοχής μελέτης.

Έχοντας προσδιορίσει την επιφάνεια καθρέπτη για κάθε υψόμετρο μέσω του σχεδιαστικού πρόγραμματος, υπολοίστηκε ο αθροιστικός όγκος του ταμιευτήρα για κάθε στάθμη χρησιμοποιώντας τη σχέση:

$V = \Delta h (A1+A2)$  (4.25), όπου  $\Delta h$ : η υψομετρική διαφορά μεταξύ των επιφανειών  $A1, A2$

Δημιουργώντας το διάγραμμα στάθμης - όγκου η πολυωνυμική εξίσωση που περιγράφει την εκάστοτε στάθμη με τον όγκο του ταμιευτήρα δίδεται από την σχέση:

$$Y(x) = \alpha x^3 - \beta x^2 - \gamma x \quad (4.26)$$

**Πίνακας 4.16** Ανάγκες Ύδρευσης Έτους 2012 Νήσου Λήμνου

A/A	Δ.Ε. ΜΥΡΙΝΑΣ			A/A	Δ.Ε. ΑΤΣΙΚΗΣ		
1	ΜΥΡΙΝΑ	364934.0		1	ΑΤΣΙΚΗ	72778.0	
2	ΠΛΑΤΥ	38526.0		2	ΑΓΙΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	49702.0	
3	ΘΑΝΟΣ	25807.0	25807.0	3	ΚΑΡΠΑΣΙ	18698.0	
4	ΚΟΡΝΟΣ	21386.0		4	ΒΑΡΟΣ	15196.0	
5	ΚΑΣΠΑΚΑΣ	40154.0		5	ΚΑΤΑΛΑΚΚΟΣ	5909.0	
6	ΣΤΡΑΤΟΠΕΔΟ ΚΑΣΠΑΚΑ	1038.0		6	ΔΑΦΝΗ	8437.0	
7	ΣΤΡΑΤΟΠΕΔΑ ΜΥΡΙΝΑΣ	2782.0		7	ΣΑΡΔΕΣ	13043.0	
ΜΕΡΙΝΟ ΣΥΝΟΛΟ		494627.0	<b>494627.0</b>	ΜΕΡΙΝΟ ΣΥΝΟΛΟ		183763.0	<b>183763.0</b>
				A/A	Δ.Ε. ΜΟΥΔΡΟΥ		
				1	ΜΟΥΔΡΟΣ	46815.0	
				2	ΧΑΒΟΥΛΗ	423.0	
				3	ΑΙΓΙΑΛΟΙ	3225.0	
A/A	Δ.Ε. ΝΕΑΣ ΚΟΥΤΑΛΗΣ			4	ΚΑΛΛΙΟΠΗ	18432.0	
1	ΑΓΚΑΡΥΩΝΕΣ	9330.0		5	ΚΑΜΙΝΙΑ	14395.0	
2	ΚΑΛΛΙΘΕΑ	13064.0		6	ΚΟΝΤΟΠΟΥΛΙ	30257.0	
3	ΚΟΝΤΙΑΣ	44576.0		7	ΛΥΧΝΑ	17237.0	
4	ΛΙΒΑΔΟΧΩΡΙ	12635.0		8	ΠΑΝΑΓΙΑ	21076.0	
5	ΝΕΑ ΚΟΥΤΑΛΗ	25900.0		9	ΠΛΑΚΑ	16807.0	
6	ΠΕΔΙΝΟ	12635.0		10	ΡΟΥΣΣΟΠΟΥΛΙ	7899.0	
7	ΠΟΡΤΙΑΝΟΥ	18858.0		11	ΡΩΜΑΝΟΥ	16541.0	
8	ΤΣΙΜΑΝΔΡΙΑ	17453.0		12	ΣΚΑΝΔΑΛΗ	6683.0	
ΜΕΡΙΝΟ ΣΥΝΟΛΟ		136998.0	<b>136998.0</b>		ΣΤΡΑΤΟΠΕΔΑ ΜΟΥΔΡΟΥ	11206.0	
				13	ΜΟΥΔΡΟΥ	11206.0	
				14	ΦΥΣΙΝΗ	5805.0	
				15	ΡΕΠΑΝΙΔΙ	15488.0	
				ΜΕΡΙΝΟ ΣΥΝΟΛΟ		232289.0	<b>232289.0</b>

Παραγωγίζοντας την σχέση  $Y(x) = \alpha x^3 - \beta x^2 - \gamma x$  που δίδει την σχέση όγκου - στάθμης ταμιευτήρα (εξάγω την σχέση που συνδέει την επιφάνεια του καθρέπτη με την στάθμη του ταμιευτήρα. Άρα προκύπτει η σχέση  $E(x) = 3\alpha x^2 - 2\beta x$  και το διάγραμμα επιφάνεια καθρέπτη –στάθμη ταμιευτήρα. Αφαιρώντας, κάθε φορά τον νεκρό όγκο

V, το διάγραμμα επιφάνεια καθρέπτη - ωφέλιμο απόθεμα ταμιευτήρα έχει την παρακάτω μορφή και προσομοιάζεται από εξίσωση 2ου βαθμού.

$$A_{ij}=f(S_{i,j})= A \times S^2 + B \times S + \Gamma \quad (4.27)$$

Για τον προσδιορισμό της ζήτησης λαμβάνονται υπόψιν κατά περίπτωση οι ανάγκες για ύδρευση σύμφωνα με τον πίνακα καταναλώσεων της Διεύθυνσης Ύδρευσης – Αποχέτευσης Δήμου Λήμνου του έτους 2012 ανά Δημοτική Ενότητα καθώς και οι ανάγκες για άρδευση όπως παρουσιάζονται στους πίνακες της Στατιστικής Αρχής, ανά τύπο καλλιέργειας με τις αντίστοιχες αρδευτικές ανάγκες ανά στρέμμα και κατηγορία καλλιέργειας κατάντη της λεκάνης απορροής.

**Πίνακας 4.17** Ανάγκες Μηνιαίας Άρδευσης ανά τύπο Αγροτικής Καλλιέργειας  
(Υπουργείο Γεωργίας, ΦΕΚ 428/1989)

<b>ΜΗΝΙΑΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ σε m<sup>3</sup>/στρέμμα (Υπουργείο Γεωργίας)</b>			
<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ</b>			
<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>I</b>	<b>IV</b>	<b>VI</b>
Απρίλιος	58	79	92
Μάιος	85	109	124
Ιούνιος	103	131	159
Ιούλιος	110	138	168
Αύγουστος	100	127	155
Σεπτέμβριος	80	101	123

**Πίνακας 4.25** Συντελεστής Ανισοκατανομής Ζήτησης

<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>ΣΥΝ/ΣΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ</b>
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0.084
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0.049
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	0.050
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0.050
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0.045
ΜΑΡΤΙΟΣ	0.061
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0.082
ΜΑΙΟΣ	0.117
ΙΟΥΝΙΟΣ	0.114
ΙΟΥΛΙΟΣ	0.117
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0.117
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0.114

Για την ορθότερη προσομοίωση της ζήτησης σε ύδρευση δημιουργείται ο πίνακας ανισοκατανομής της ζήτησης (Πίνακας 4.25) αφού όπως γνωρίζουμε η ζήτηση είναι διαφορετική για κάθε μήνα του έτους με τις μεγαλύτερες ανάγκες να προκύπτουν τους θερινούς μήνες.

Τέλος, στην παρούσα προσομοίωση, λόγω της φύσεως των υδατορεμάτων (μη συνεχής επιφανειακή απορροή) θεωρείται μηδενική η "Οικολογική παροχή" που απαιτείται κατάντη του ταμιευτήρα για την διατήρηση του φυσικού οικοσυστήματος καθώς θεωρούνται και μηδενικές οι υπόγειες απορροές.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

### 5.1 Υπολεκάνη Αλυκή

Τα αποτελέσματα υπολογισμού της απορροής για την υπολεκάνη απορροής «Αλυκή» φαίνονται στον πίνακα 5.1

**Πίνακας 5.1.** Αποτελέσματα απορροής (MAR) στη υπολεκάνη «Αλυκή»

		ESTIMATED VOL 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> (Annual 100)	ESTIMATED VOL 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> (Annual 100)
YEAR		2014-2113	2114-2213
Z=22,03	C	E=1,40Km <sup>2</sup>	E=1,40Km <sup>2</sup>
SOIL B	0.10	0,138	0,145
CN=74	0.20	0,123	0,129
SOIL C	0.10	0,166	0,170
CN=80	0.20	0,148	0,151

Τα χαρακτηριστικά του ταμιευτήρα για την Προσομοίωση είναι Ανώτατη Στάθμη λειτουργίας H=45,00 m , Μέγιστος Όγκος V<sub>45</sub>=492.000m<sup>3</sup> , Υψόμετρο Κοίτης H=25,00m. Ο Ωφέλιμος Όγκος του ταμιευτήρα είναι V=471.000m<sup>3</sup>

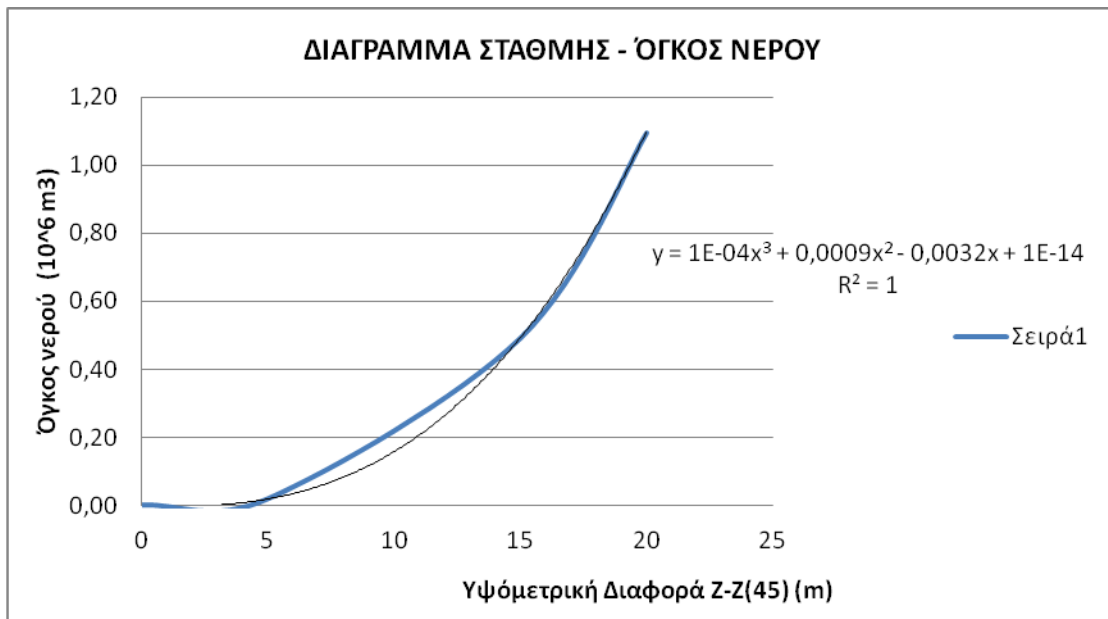
Η πολυωνυμική εξίσωση που περιγράφει την εκάστοτε στάθμη με τον όγκο του ταμιευτήρα δίδεται από την σχέση:

$$Y(x) = 0,0001x^3 + 0,0009x^2 - 0,0032x \quad (5.1)$$

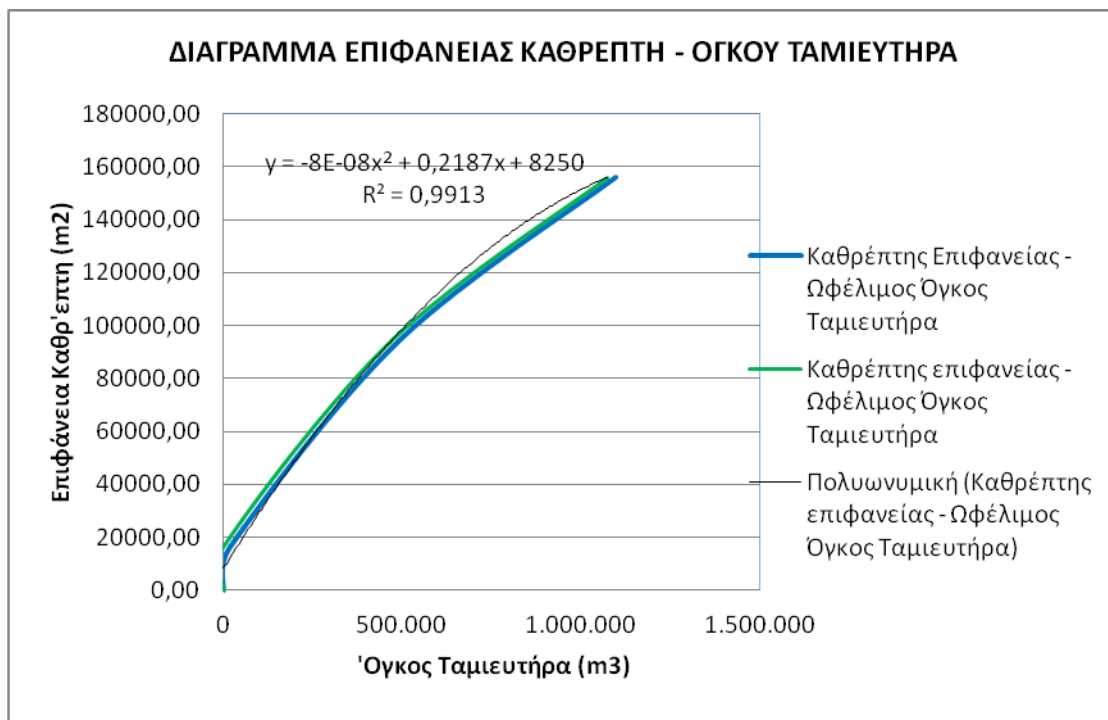
Το πολυώνυμο 2ου βαθμού είναι η σχέση που συνδέει το εμβαδόν καθρέφτη του ταμιευτήρα A σε m<sup>2</sup> συναρτήσει του αποθέματος S (m<sup>3</sup>). Δηλαδή είναι:

$$A_{ij} = f(S_{i,j}) = -8 \times 10^{-8} x S^2 + 0,2187S + 8250 \quad (5.2)$$





**Σχήμα 5.1:** Καμπύλη Στάθμης – Όγκου Νερού Ταμιευτήρα Υπολεκάνης Αλυκής



**Σχήμα 5.2:** Καμπύλη Επιφανείας Καθρέπτη – Ωφέλιμου Όγκου Νερού Ταμιευτήρα Υπολεκάνης Αλυκής

Για την προσομοίωση επιλέγονται οι επιφανειακές απορροές που προκύπτουν από τις ακραίες τιμές για τον τύπο του εδάφους CN και την διηθητικότητα του εδάφους

C. Η απόληψη D επιλέγεται ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες για ύδρευση των οικισμών κατάντι του ταμιευτήρα.

**Πίνακας 5.2** Αποτελέσματα Προσομοίωσης για 2014-2113 στην υπολεκάνη «Αλυκή»

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΗΣ ΑΛΥΚΗΣ ΓΙΑ ΕΕΥΔ					
YEAR 2014-2113					
ΑΠΟΛΗΨΗ D m <sup>3</sup>		100000			
Smax m <sup>3</sup>		490000			
	C	MAR 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ	Smax/MAR	D/MAR
SOIL C CN=74	0.20	0,123	90,25%	3,98	0,81
SOIL C CN=80	0.10	0,166	95,50%	2,95	0,60

**Πίνακας 5.3** Αποτελέσματα Προσομοίωσης για 2114-2213 στην υπολεκάνη «Αλυκή»

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΗΣ ΑΛΥΚΗΣ ΓΙΑ ΕΕΥΔ					
YEAR 2114-2213					
ΑΠΟΛΗΨΗ D m <sup>3</sup>		100000			
Smax m <sup>3</sup>		490000			
	C	MAR 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ	Smax/MAR	D/MAR
SOIL C CN=74	0.20	0.129	89.83%	3.80	0.78
SOIL C CN=80	0.10	0.170	96.50%	2.88	0.59

Η αξιοποίηση του ΕΕΥΔ κυμαίνεται μεταξύ 59% και 81%. Για μεγαλύτερο ποσοστό αξιοπιστίας λειτουργίας του ταμιευτήρα η αξιοποίηση του εκμεταλλεύσιμου υδατικού δυναμικού είναι περίπου 60% του επιφανειακού υδατικού δυναμικού.

## 5.2 Υπολεκάνη Γομάτι

Τα αποτελέσματα υπολογισμού της απορροής (MAR) για την υπολεκάνη απορροής «Γομάτι» φαίνονται στον πίνακα 5.4

**Πίνακας 5.4.** Αποτελέσματα απορροής στην υπολεκάνη «Γομάτι»

		ESTIMATED VOL 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> (Annual 100)	ESTIMATED VOL 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> (Annual 100)
YEAR		2014-2113	2114-2213
Z=116,71	C	E=18,71Km <sup>2</sup>	E=18,71Km <sup>2</sup>
SOIL B	0.10	1,852	1,938
CN=74	0.20	1,646	1,722
SOIL C	0.10	2,229	2,269
CN=80	0.20	1,981	2,017

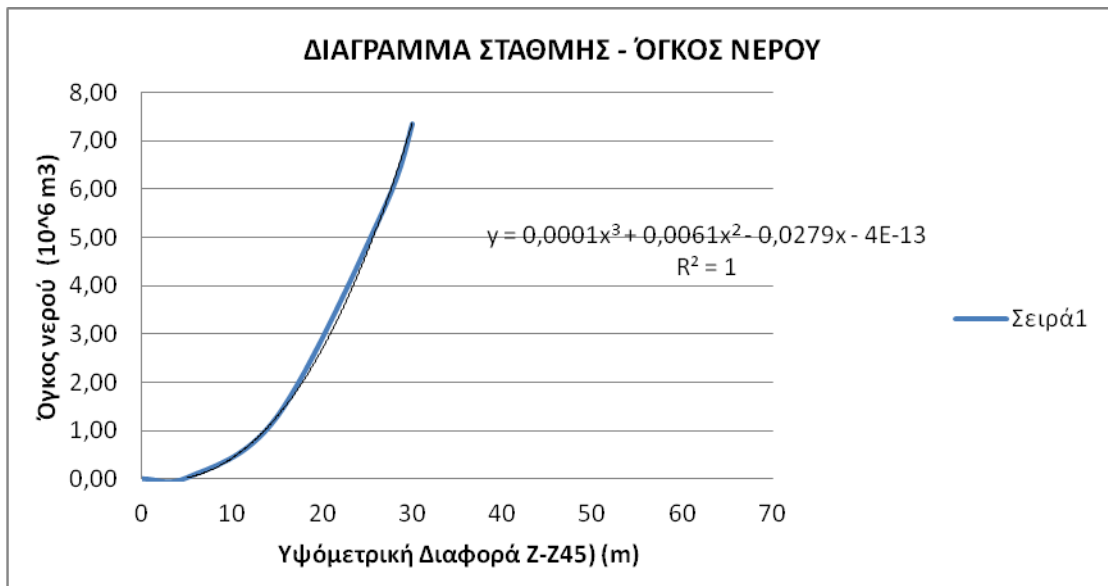
Τα χαρακτηριστικά του ταμιευτήρα για την Προσομοίωση είναι Ανώτατη Στάθμη λειτουργίας H=72,00 m , Μέγιστος Όγκος V<sub>72</sub>=5.661.900m<sup>3</sup> , Υψόμετρο Κοίτης H=45,00m. Ο Ωφέλιμος Όγκος του ταμιευτήρα είναι V=5.634.400m<sup>3</sup>

Η πολωνυμική εξίσωση που περιγράφει την εκάστοτε στάθμη με τον όγκο του ταμιευτήρα δίδεται από την σχέση:

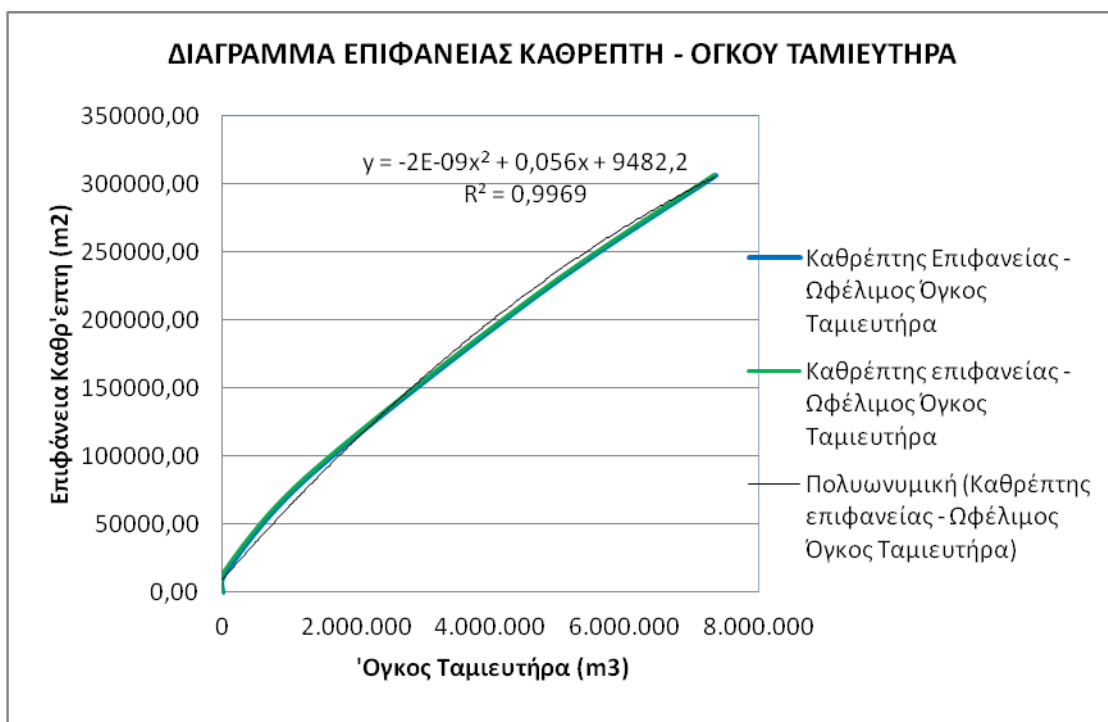
$$Y(x) = 0,0001x^3 + 0,0061x^2 - 0,0279x \quad (5.3)$$

Το πολώνυμο 2ου βαθμού είναι η σχέση που συνδέει το εμβαδόν καθρέφτη του ταμιευτήρα A σε m<sup>2</sup> συναρτήσει του αποθέματος S (m<sup>3</sup>). Δηλαδή είναι:

$$A_{ij} = f(S_{i,j}) = -2 \times 10^{-9} x S^2 + 0,056S + 9482 \quad (5.4)$$



**Σχήμα 5.3:** Καμπύλη Στάθμης – Όγκου Νερού Ταμιευτήρα Υπολεκάνης Γομάτι



**Σχήμα 5.4:** Καμπύλη Επιφανείας Καθρέπτη – Ωφέλιμου Όγκου Νερού Ταμιευτήρα Υπολεκάνης Γομάτι

Για την προσομοίωση επιλέγονται οι επιφανειακές απορροές που προκύπτουν από τις ακραίες τιμές για τον τύπο του εδάφους CN και την διηθητικότητα του εδάφους C. Η απόληξη D επιλέγεται ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες για ύδρευση του 50%

του συνόλου της κατανάλωσης του Δήμου Λήμνου (500.000m<sup>3</sup>) καθώς και ανάγκες άρδευσης περίπου 1.000.000 m<sup>3</sup>.

**Πίνακας 5.5** Αποτελέσματα Προσομοίωσης για 2014-2113 στην υπολεκάνη  
«Γομάτι»

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΗΣ ΓΟΜΑΤΙ ΓΙΑ ΕΕΥΔ					
YEAR 2014-2113					
ΑΠΟΛΗΨΗ D m <sup>3</sup>		1554000			
Smax m <sup>3</sup>		5634400			
	C	MAR 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ	Smax/MAR	D/MAR
SOIL C CN=74	0.20	1,646	86,42%	3,42	0,94
SOIL C CN=80	0.10	2,229	95,17%	2,53	0,70

**Πίνακας 5.6** Αποτελέσματα Προσομοίωσης για 2114-2213 στην υπολεκάνη  
«Γομάτι»

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΗΣ ΓΟΜΑΤΙ ΓΙΑ ΕΕΥΔ					
YEAR 2114-2213					
ΑΠΟΛΗΨΗ D m <sup>3</sup>		1554000			
Smax m <sup>3</sup>		5636400			
	C	MAR 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ	Smax/MAR	D/MAR
SOIL C CN=74	0.20	1,722	89,67%	3,27	0,90
SOIL C CN=80	0.10	2,269	96,17%	2,48	0,68

Η αξιοποίηση του ΕΕΥΔ κυμαίνεται μεταξύ 68% και 94%. Για μεγαλύτερο ποσοστό αξιοπιστίας λειτουργίας του ταμιευτήρα η αξιοποίηση του εκμεταλλεύσιμου υδατικού δυναμικού είναι περίπου 68% του επιφανειακού υδατικού δυναμικού.

### 5.3 Υπολεκάνη Πολιόχνη

Τα αποτελέσματα υπολογισμού της απορροής (MAR) για τη υπολεκάνη απορροής «Πολιόχνη» φαίνονται στον πίνακα 5.7

**Πίνακας 5.7.** Αποτελέσματα απορροής στη υπολεκάνη «Πολιόχνη»

		ESTIMATED VOL 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> (Annual 100)	ESTIMATED VOL 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> (Annual 100)
YEAR		2014-2113	2114-2213
54,12	C	E=6,72Km <sup>2</sup>	E=6,72Km <sup>2</sup>
SOIL B	0.10	0,662	0,696
CN=74	0.20	0,588	0,619
SOIL C	0.10	0,797	0,815
CN=80	0.20	0,708	0,724

Τα χαρακτηριστικά του ταμιευτήρα για την προσωμείωση είναι Ανώτατη Στάθμη λειτουργίας H=75,00 m , Μέγιστος Όγκος V<sub>75</sub>=1.590.000m<sup>3</sup> , Ψόμετρο Κοίτης H=55,00m. Ο Ωφέλιμος Όγκος του ταμιευτήρα είναι V=1.590.000m<sup>3</sup>

Η πολωνυμική εξίσωση που περιγράφει την εκάστοτε στάθμη με τον όγκο του ταμιευτήρα δίδεται από την σχέση:

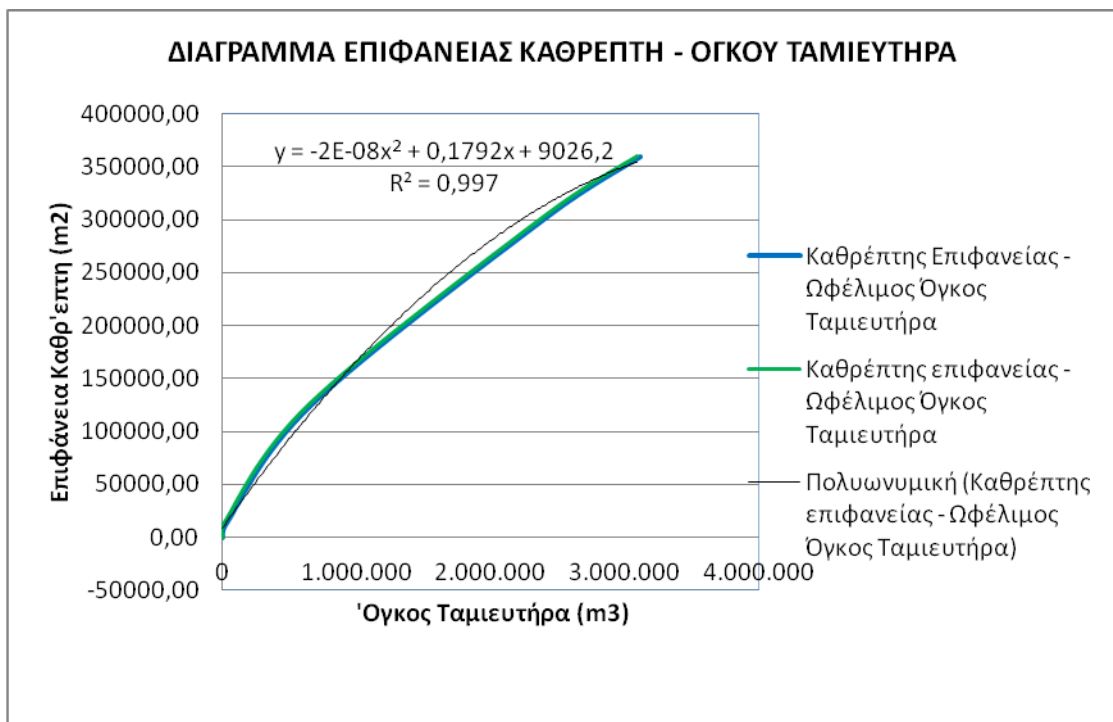
$$Y(x) = 0,0002x^3 + 0,00002x^2 - 0,0009x \quad (5.5)$$

Το πολώνυμο 2ου βαθμού είναι η σχέση που συνδέει το εμβαδόν καθρέφτη του ταμιευτήρα A σε m<sup>2</sup> συναρτήσει του αποθέματος S (m<sup>3</sup>). Δηλαδή είναι:

$$A_{ij} = f(S_{i,j}) = -2 \times 10^{-8} x S^2 + 0,1792S + 9026 \quad (5.6)$$



**Σχήμα 5.5:** Καμπύλη Στάθμης – Όγκου Νερού Ταμιευτήρα Υπολεκάνης Πολιόχνη



**Σχήμα 5.6:** Καμπύλη Επιφάνειας Καθρέπτη – Ωφέλιμου Όγκου Νερού Ταμιευτήρα Υπολεκάνης Πολιόχνη

Για την προσομοίωση επιλέγονται οι επιφανειακές απορροές που προκύπτουν από τις ακραίες τιμές για τον τύπο του εδάφους CN και την διηθητικότητα του εδάφους

C. Η απόληψη D επιλέγεται ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες για ύδρευση του συνόλου της κατανάλωσης της Δημοτικής Ενότητας Ατσικής (180.000m<sup>3</sup>) καθώς και ανάγκες άρδευσης περίπου 300.000 m<sup>3</sup>.

**Πίνακας 5.8** Αποτελέσματα Προσομοίωσης για 2014-2113 στη λεκάνη «Πολιόχνη»

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΗΣ ΠΟΛΙΟΧΝΗΣ ΓΙΑ ΕΕΥΔ					
YEAR 2014-2113					
ΑΠΟΛΗΨΗ D m <sup>3</sup>		480000			
Smax m <sup>3</sup>		1590000			
	C	MAR 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ	Smax/MAR	D/MAR
SOIL C CN=74	0.20	0,588	85,58%	2,70	0,82
SOIL C CN=80	0.10	0,797	93,00%	1,99	0,60

**Πίνακας 5.9** Αποτελέσματα Προσομοίωσης για 2114-2213 στη λεκάνη «Πολιόχνη»

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΗΣ ΠΟΛΙΟΧΝΗΣ ΓΙΑ ΕΕΥΔ					
YEAR 2114-2213					
ΑΠΟΛΗΨΗ D m <sup>3</sup>		480000			
Smax m <sup>3</sup>		1590000			
	C	MAR 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ	Smax/MAR	D/MAR
SOIL C CN=74	0.20	0,619	85,58%	2,57	0,78
SOIL C CN=80	0.10	0,815	92,67%	1,95	0,59

Η αξιοποίηση του ΕΕΥΔ κυμαίνεται μεταξύ 59% και 82%. Για μεγαλύτερο ποσοστό αξιοπιστίας λειτουργίας του ταμιευτήρα η αξιοποίηση του εκμεταλλεύσιμου υδατικού δυναμικού είναι περίπου 60% του επιφανειακού υδατικού δυναμικού.



## 5.4 Υπολεκάνη Ραγκαβά

Τα αποτελέσματα υπολογισμού της απορροής για τη υπολεκάνη απορροής «Ραγκαβά» φαίνονται στον πίνακα 5.10

**Πίνακας 5.10** Αποτελέσματα απορροής (MAR) στην υπολεκάνη «Ραγκαβά»

		ESTIMATED VOL 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> (Annual 100)	ESTIMATED VOL 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> (Annual 100)
YEAR		2014-2113	2114-2213
Z=108,76	C	E=10,01Km <sup>2</sup>	E=10,01Km <sup>2</sup>
SOIL B	0.10	0,986	1,037
CN=74	0.20	0,876	0,922
SOIL C	0.10	1,187	1,214
CN=80	0.20	1,055	1,079

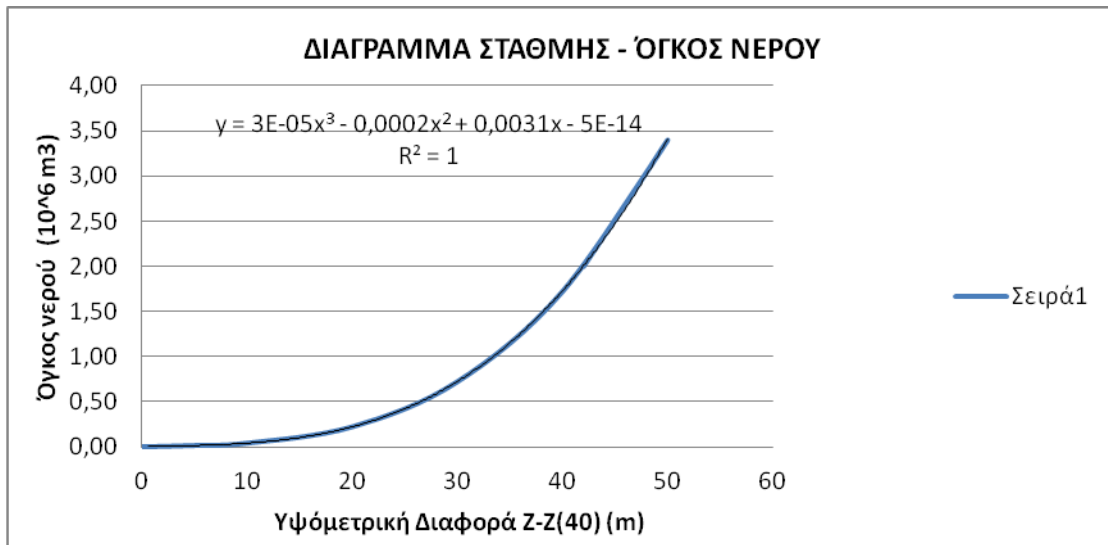
Τα χαρακτηριστικά του ταμιευτήρα για την Προσομοίωση είναι Ανώτατη Στάθμη λειτουργίας H=82,00 m , Μέγιστος Όγκος V<sub>82</sub>=2.000.040m<sup>3</sup> , Υψόμετρο Κοίτης H=40,00m. Ο Ωφέλιμος Όγκος του ταμιευτήρα είναι V=1.985.790m<sup>3</sup>

Η πολωνυμική εξίσωση που περιγράφει την εκάστοτε στάθμη με τον όγκο του ταμιευτήρα δίδεται από την σχέση:

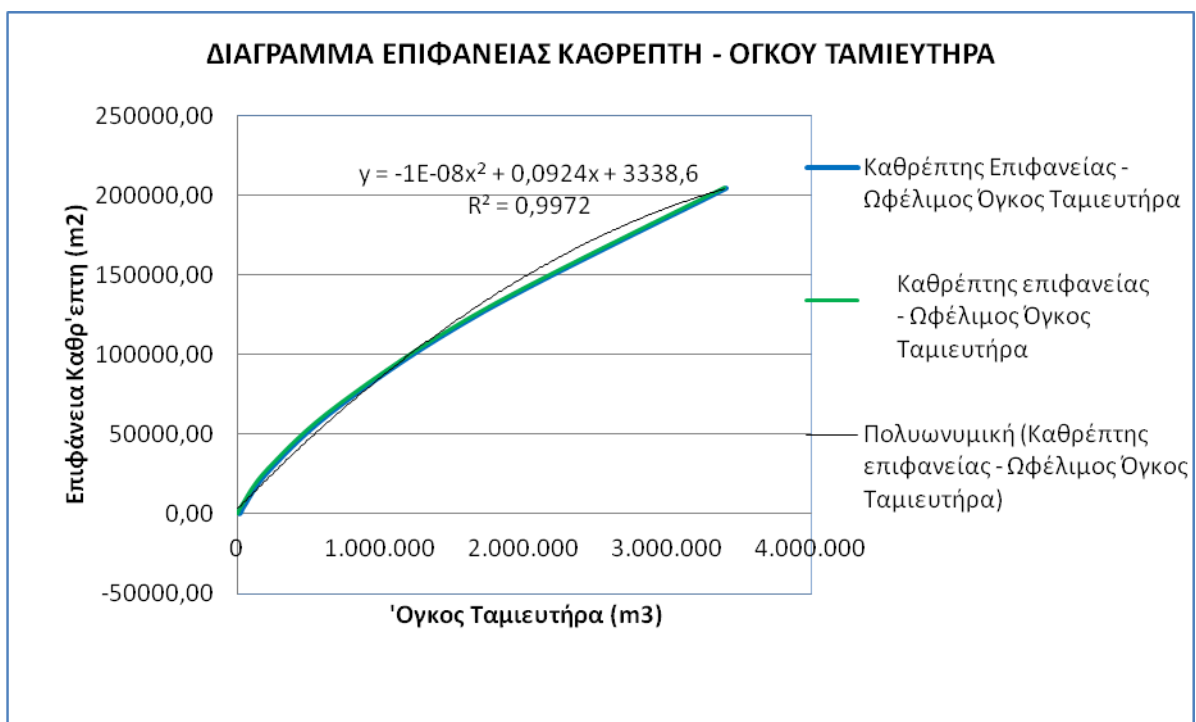
$$Y(x) = 0,00003x^3 - 0,00021x^2 + 0,0031x \quad (5.7)$$

Το πολώνυμο 2ου βαθμού είναι η σχέση που συνδέει το εμβαδόν καθρέφτη του ταμιευτήρα A σε m<sup>2</sup> συναρτήσει του αποθέματος S (m<sup>3</sup>). Δηλαδή είναι:

$$A_{ij} = f(S_{i,j}) = -1 \times 10^{-8} x S^2 + 0,0924S + 3338,6 \quad (5.8)$$



**Σχήμα 5.7:** Καμπύλη Στάθμης – Όγκου Νερού Ταμιευτήρα Υπολεκάνης Ραγκαβά



**Σχήμα 5.8:** Καμπύλη Επιφάνειας Καθρέπτη – Ωφέλιμου Όγκου Νερού Ταμιευτήρα Υπολεκάνης Ραγκαβά

Για την προσομοίωση επιλέγονται οι επιφανειακές απορροές που προκύπτουν από τις ακραίες τιμές για τον τύπο του εδάφους CN και την διηθητικότητα του εδάφους

C. Η απόληψη D επιλέγεται ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες για ύδρευση του συνόλου της κατανάλωσης της Δημοτικής Ενότητας Μύρινας (500.000m<sup>3</sup>) καθώς και ανάγκες άρδευσης περίπου 137.000 m<sup>3</sup>.

**Πίνακας 5.11** Αποτελέσματα Προσομοίωσης για 2014-2113 στην υπολεκάνη «Ραγκαβά»

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΗΣ ΡΑΓΚΑΒΑ ΓΙΑ ΕΕΥΔ					
YEAR 2014-2113					
ΑΠΟΛΗΨΗ D m <sup>3</sup>		637000			
Smax m <sup>3</sup>		2000040			
	C	MAR 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ	Smax/MAR	D/MAR
SOIL C CN=74	0.20	0,876	89,33%	2,28	0,73
SOIL C CN=80	0.10	1,187	95,08%	1,68	0,54

**Πίνακας 5.12** Αποτελέσματα Προσομοίωσης για 2114-2213 στην υπολεκάνη «Ραγκαβά»

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΗΣ ΡΑΓΚΑΒΑ ΓΙΑ ΕΕΥΔ					
YEAR 2114-2213					
ΑΠΟΛΗΨΗ D m <sup>3</sup>		637000			
Smax m <sup>3</sup>		2000040			
	C	MAR 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ	Smax/MAR	D/MAR
SOIL C CN=74	0.20	0,922	90,42%	2,17	0,69
SOIL C CN=80	0.10	1,214	95,75%	1,65	0,52

Η αξιοποίηση του ΕΕΥΔ κυμαίνεται μεταξύ 52% και 73%. Για μεγαλύτερο ποσοστό αξιοπιστίας λειτουργίας του ταμιευτήρα η αξιοποίηση του εκμεταλλεύσιμου υδατικού δυναμικού είναι περίπου 52% του επιφανειακού υδατικού δυναμικού.

## 5.5 Υπολεκάνη Φράγματος Κοντιά

Τα αποτελέσματα υπολογισμού της απορροής για την υπολεκάνη απορροής «Φράγματος Κοντιά» φαίνονται στον πίνακα 5.13

**Πίνακας 5.13** Αποτελέσματα απορροής (MAR) στην υπολεκάνη «Φράγματος Κοντιά»

		ESTIMATED VOL 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> (Annual 100)	ESTIMATED VOL 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> (Annual 100)
YEAR		2014-2113	2114-2213
64,23	C	E=12,89Km <sup>2</sup>	E=12,89Km <sup>3</sup>
SOIL B CN=74	0.10	1,270	1,335
	0.20	1,129	1,187
SOIL C CN=80	0.10	1,528	1,563
	0.20	1,359	1,390

Τα χαρακτηριστικά του ταμιευτήρα για την Προσομοίωση είναι Ανώτατη Στάθμη λειτουργίας H=35,00 m , Μέγιστος Όγκος V<sub>35</sub>=2.985.000m<sup>3</sup> , Υψόμετρο Κοίτης H=10,00m. Ο Ωφέλιμος Όγκος του ταμιευτήρα είναι V=2.958.000m<sup>3</sup>

Η πολυωνυμική εξίσωση που περιγράφει την εκάστοτε στάθμη με τον όγκο του ταμιευτήρα δίδεται από την σχέση:

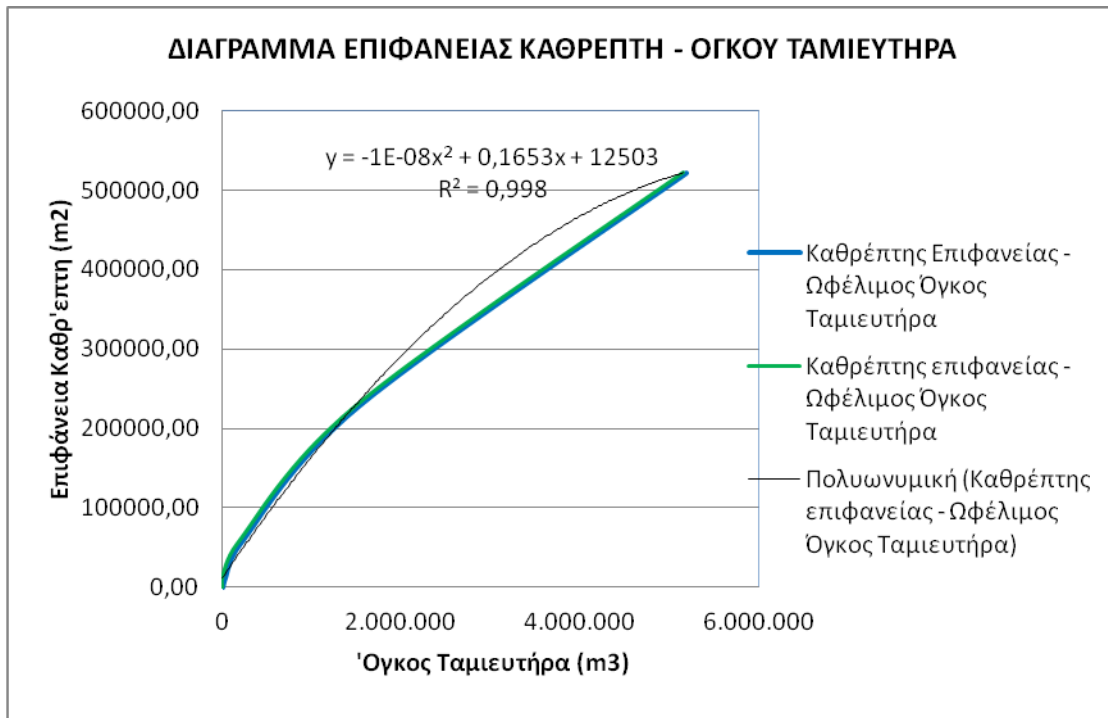
$$Y(x) = 0,002x^3 - 0,0003x^2 + 0,0019x \quad (5.9)$$

Το πολυώνυμο 2ου βαθμού είναι η σχέση που συνδέει το εμβαδόν καθρέφτη του ταμιευτήρα A σε m<sup>2</sup> συναρτήσει του αποθέματος S (m<sup>3</sup>). Δηλαδή είναι:

$$A_{ij} = f(S_{i,j}) = -1 \times 10^{-8} x S^2 + 0,1653S + 12503 \quad (5.10)$$



**Σχήμα 5.9:** Καμπύλη Στάθμης – Όγκου Νερού Ταμιευτήρα Υπολεκάνης Φράγματος Κοντιά



**Σχήμα 5.10:** Καμπύλη Επιφάνειας Καθρέπτη – Ωφέλιμου Όγκου Νερού Ταμιευτήρα Φράγματος Κοντιά

Για την προσομοίωση επιλέγονται οι επιφανειακές απορροές που προκύπτουν από τις ακραίες τιμές για τον τύπο του εδάφους CN και την διηθητικότητα του εδάφους C. Η απόληψη D επιλέγεται ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες για ύδρευση του

συνόλου της κατανάλωσης της Δημοτικής Ενότητας Νέας Κούταλης 150.000m<sup>3</sup> καθώς και ανάγκες άρδευσης περίπου 691.000 m<sup>3</sup>.

**Πίνακας 5.14** Αποτελέσματα Προσομοίωσης για 2014-2113 στην υπολεκάνη «Φράγματος Κοντιά»

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΗΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΚΟΝΤΙΑ ΓΙΑ ΕΕΥΔ					
YEAR 2014-2113					
ΑΠΟΛΗΨΗ D m <sup>3</sup>		841000			
Smax m <sup>3</sup>		2985000			
	C	MAR 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ	Smax/MAR	D/MAR
SOIL C CN=74	0.20	1,129	84,50%	2,64	0,74
SOIL C CN=80	0.10	1,528	94,50%	1,95	0,55

**Πίνακας 5.15** Αποτελέσματα Προσομοίωσης για 2114-2213 στην υπολεκάνη «Φράγματος Κοντιά»

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΗΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΚΟΝΤΙΑ ΓΙΑ ΕΕΥΔ					
YEAR 2114-2213					
ΑΠΟΛΗΨΗ D m <sup>3</sup>		841000			
Smax m <sup>3</sup>		2985000			
	C	MAR 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ	Smax/MAR	D/MAR
SOIL C CN=74	0.20	1,187	89,42%	2,51	0,71
SOIL C CN=80	0.10	1,563	95,33%	1,91	0,54

Η αξιοποίηση του ΕΕΥΔ κυμαίνεται μεταξύ 54% και 71%. Για μεγαλύτερο ποσοστό αξιοπιστίας λειτουργίας του ταμιευτήρα η αξιοποίηση του εκμεταλλεύσιμου υδατικού δυναμικού είναι περίπου 54% του επιφανειακού υδατικού δυναμικού.

## 5.6 Υπολεκάνη Χαβούλη

Τα αποτελέσματα υπολογισμού της απορροής για την υπολεκάνη απορροής «Χαβούλη» φαίνονται στον πίνακα 5.16

**Πίνακας 5.16** Αποτελέσματα απορροής (MAR) στην υπολεκάνη «Χαβούλη»

		ESTIMATED VOL ANNUAL 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	ESTIMATED VOL ANNUAL 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
YEAR		2014-2113	2114-2213
Z=47,50	<b>C</b>	<b>E=1,78Km<sup>2</sup></b>	<b>E=1,78Km<sup>2</sup></b>
SOIL C	<b>0.10</b>	<b>0,175</b>	<b>0,184</b>
CN=74	<b>0.20</b>	<b>0,156</b>	<b>0,164</b>
SOIL D	<b>0.10</b>	<b>0,211</b>	<b>0,216</b>
CN=80	<b>0.20</b>	<b>0,188</b>	<b>0,192</b>

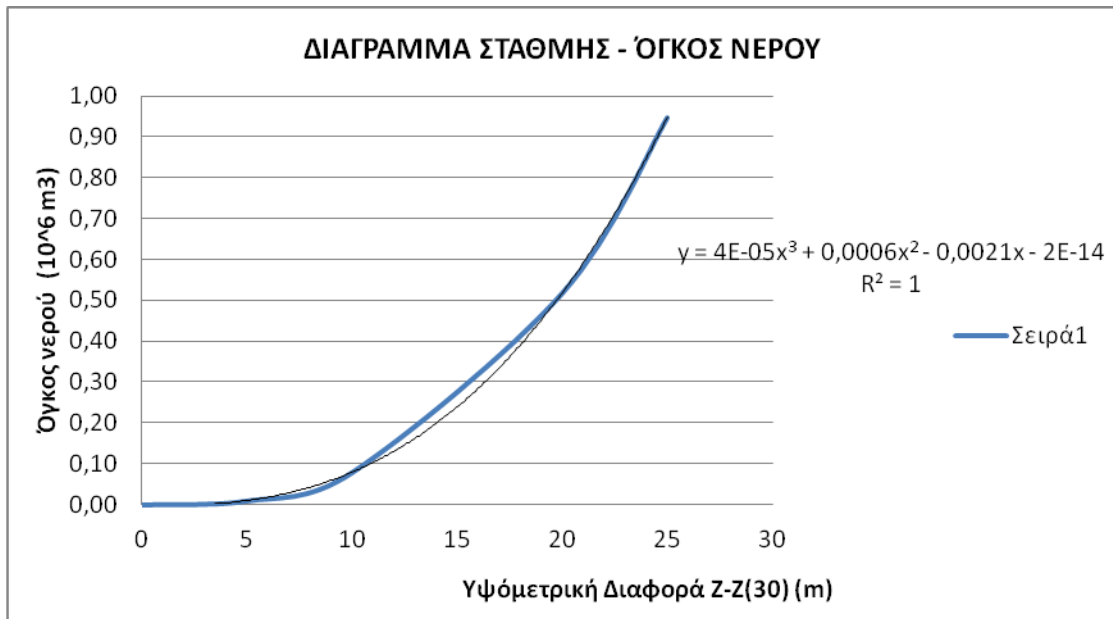
Τα χαρακτηριστικά του ταμιευτήρα για την Προσομοίωση είναι Ανώτατη Στάθμη λειτουργίας H=50,00 m , Μέγιστος Όγκος V<sub>50</sub>=518.000m<sup>3</sup> , Υψόμετρο Κοίτης H=30,00m. Ο Ωφέλιμος Όγκος του ταμιευτήρα είναι V=508.500m<sup>3</sup>

Η πολωνυμική εξίσωση που περιγράφει την εκάστοτε στάθμη με τον όγκο του ταμιευτήρα δίδεται από την σχέση:

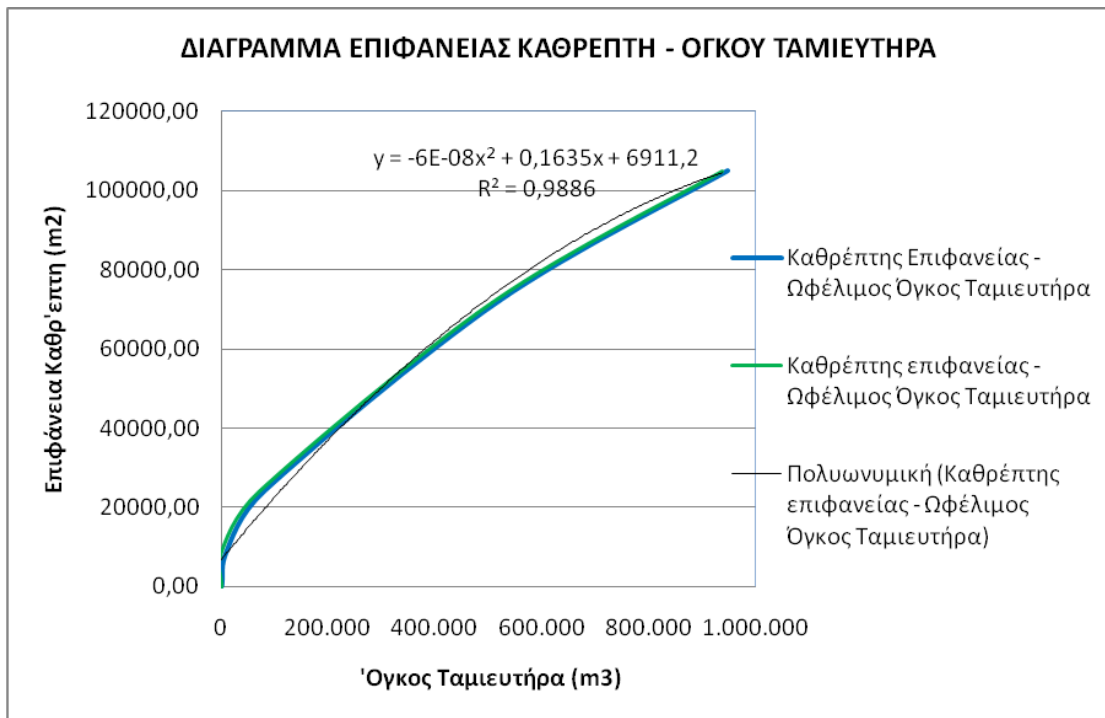
$$Y(x)= 0,00004x^3+0,0006x^2-0,0021x \quad (5.11)$$

Το πολυώνυμο 2ου βαθμού είναι η σχέση που συνδέει το εμβαδόν καθρέφτη του ταμιευτήρα A σε m<sup>2</sup> συναρτήσει του αποθέματος S (m<sup>3</sup>). Δηλαδή είναι:

$$A_{ij}=f (S_{i,j})= -6x10^{-8}xS^2 + 0,1635S + 6911 \quad (5.12)$$



**Σχήμα 5.11:** Καμπύλη Στάθμης – Όγκου Νερού Ταμιευτήρα Υπολεκάνης Χαβούλη



**Σχήμα 5.12:** Καμπύλη Επιφάνειας Καθρέπτη – Ωφέλιμου Όγκου Νερού Ταμιευτήρα Υπολεκάνης Χαβούλη

Για την προσομοίωση επιλέγονται οι επιφανειακές απορροές που προκύπτουν από τις ακραίες τιμές για τον τύπο του εδάφους CN και την διηθητικότητα του εδάφους



C. Η απόληψη D επιλέγεται ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες για ύδρευση του 60% συνόλου της κατανάλωσης της Δημοτικής Ενότητας Μούδρου, περίπου 130.000m<sup>3</sup>

**Πίνακας 5.17** Αποτελέσματα Προσομοίωσης για 2014-2113 στην υπολεκάνη «Χαβούλη»

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΗΣ ΧΑΒΟΥΛΗΣ ΓΙΑ ΕΕΥΔ					
YEAR 2014-2113					
ΑΠΟΛΗΨΗ D m <sup>3</sup>		130000			
Smax m <sup>3</sup>		518000			
	C	MAR 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ	Smax/MAR	D/MAR
SOIL C CN=74	0.20	0,156	89,75%	3,32	0,83
SOIL C CN=80	0.10	0,211	94,50%	2,45	0,62

**Πίνακας 5.18** Αποτελέσματα Προσομοίωσης για 2114-2213 στην υπολεκάνη «Χαβούλη»

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΗΣ ΧΑΒΟΥΛΗΣ ΓΙΑ ΕΕΥΔ					
YEAR 2114-2213					
ΑΠΟΛΗΨΗ D m <sup>3</sup>		130000			
Smax m <sup>3</sup>		518000			
	C	MAR 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ	Smax/MAR	D/MAR
SOIL C CN=74	0.20	0,164	89,25%	3,16	0,79
SOIL C CN=80	0.10	0,216	95,58%	2,40	0,60

Η αξιοποίηση του ΕΕΥΔ κυμαίνεται μεταξύ 60% και 83%. Για μεγαλύτερο ποσοστό αξιοπιστίας λειτουργίας του ταμιευτήρα η αξιοποίηση του εκμεταλλεύσιμου υδατικού δυναμικού είναι περίπου 60% του επιφανειακού υδατικού δυναμικού.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup> ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

### 6.1 Συμπεράσματα

Η νήσος Λήμνος ανήκει στο υδατικό διαμέρισμα των Νήσων Αιγαίου (GR14), το οποίο περιλαμβάνει τα νησιωτικά συγκροτήματα των Νομών Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Λέσβου, Σάμου και Χίου. Οι ετήσιες ανάγκες για ύδρευση υπολογίζονται στο 1.100.000 m<sup>3</sup> χωρίς να συμπεριλαμβάνονται στοιχεία από τουριστικές εγκαταστάσεις οι οποίες υδρεύονται από ιδιωτικές γεωτρήσεις λόγω μη ύπαρξης οργανωμένου φορέα διαχείρισης. Οι ετήσιες ανάγκες για άρδευση τόσο από το υφιστάμενο φράγμα Κοντιά όσο και από ιδιωτικές γεωτρήσεις και πηγάδια δεν μπορούν να υπολογιστούν καθώς ο φορέας διαχείρισης του φράγματος (ΤΟΕΒ ΚΟΝΤΙΑ) υπολειτουργεί (έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού, απουσία υδρονομέων, τιμολογιακή πολιτική ανά στρέμμα, αδυναμία είσπραξης τελών άρδευσης) ενώ μέχρι και σήμερα δεν έχουν καταγραφεί οι ιδιωτικές γεωτρήσεις και ο όγκος νερού που αντλείται από τους υπόγειους υδροφορείς.

Η υπεράντληση σε παράκτιες περιοχές και κυρίως στην Βορειοανατολική Λήμνο έχει οδηγήσει σε υφαλμύριση των υδροφορέων με συνέπεια οικισμοί να έχουν τεράστια προβλήματα στην υδροδότηση και ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες. Η απουσία φορέα διαχείρισης των αναγκών ύδρευσης του Δήμου Λήμνου επιβαρύνει την κατάσταση καθώς η Διεύθυνση Περιβάλλοντος περιορίζεται σε Διοικητικό και Εργατοτεχνικό Προσωπικό το οποίο δεν μπορεί να ανταπεξέλθει στον έλεγχο της ποιότητας των υδάτων αλλά και στην εφαρμογή αναπτυξιακών και διαχειριστικών σχεδίων για την προστασία των υδατικών πόρων του νησιού.

Σε αυτό το πλαίσιο που διαμορφώνεται, η ανάγκη εκμετάλλευσης του επιφανειακού υδατικού δυναμικού είναι επιτακτική. Με τη χρήση του λογισμικού Medbasin - Μοντέλο Απλού Υδατικού Ισοζυγίου (SWBM), πραγματοποιήθηκε εκτίμηση της απορροής των υδρολογικών υπολεκάνων της υπό μελέτης περιοχής. Τα αποτελέσματα κρίνονται ικανοποιητικά και φανερώνουν ετήσια μεγέθη απορροής, τα οποία σε τάξη μεγέθους υπερκαλύπτουν τις υφιστάμενες ανάγκες για ύδρευση και άρδευση.

Προχωρώντας ένα βήμα παρακάτω, στις υπολεκάνες που μελετήθηκαν για τους διάφορους συντελεστές που έχουν σχέση με τον τύπο του εδάφους και τη γεωλογία

της περιοχής καθώς και για συγκεκριμένα γεωμετρικά χαρακτηριστικά ταμιευτήρων και ανάγκες απόληψης, πραγματοποιήθηκε προσομοίωση λειτουργίας με επίπεδα αξιοπιστίας πολύ υψηλά για δύο εκατονταετίες. Τα αποτελέσματα χαρακτηρίζονται ικανοποιητικά και μάλιστα επιβεβαιώνουν την τάση που υπάρχει στον Ελλαδικό Χώρο από εφαρμογές εκμετάλλευσης επιφανειακού υδατικού δυναμικού, να κυμαίνονται μεταξύ 50% και 70% της μέσης ετήσιας απορροής.

Συγκεκριμένα, από τις 6 υπολεκάνες που μελετήθηκαν παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον η υπολεκάνη "Γομάτι" και η υπολεκάνη "Ραγκαβά", καθώς μπορούν να καλύψουν με μεγάλο ποσοστό αξιοπιστίας λειτουργίας ταμιευτήρα, τις ανάγκες για ύδρευση του συνόλου της Νήσου Λήμνου καθώς και να δημιουργήσουν προστιθέμενη αξία στις κατάντη γεωργικές περιοχές στις οποίες καλλιεργούνται μονοετείς ξηρικές καλλιέργειες. Επίσης, δεν θα πρέπει να παραβλέψουμε την υπολεκάνη "Αλυκή" η οποία όπως προκύπτει από τους υπολογισμούς μπορεί να δώσει διέξοδο στο έντονο πρόβλημα ύδρευσης των οικισμών της Βορειοανατολικής Λήμνου με επίπεδα αξιοπιστίας λειτουργίας του ταμιευτήρα που αγγίζουν το 96%.

Τέλος, οι υπολεκάνες "Πολιόχνη" και "Χαβούλη" αν και στην παρούσα μελέτη εξετάζονται και προσομοιάζονται για ανάγκες ύδρευσης και άρδευσης λόγω της θέσης τους και της γεωμορφολογίας της κατάντη περιοχής, είναι δεδομένο πως θα δώσουν αναπτυξιακές προοπτικές εφόσον προχωρήσουν έργα αξιοποίησης του επιφανειακού υδατικού δυναμικού τα οποία θα καλύψουν ανάγκες άρδευσης σε ένα ευρύτερο διαχειριστικό σχέδιο.

## **6.2 Προτάσεις**

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί αναγνωριστική – προκαταρτική μελέτη για την αξιοποίηση του επιφανειακού υδατικού δυναμικού της Νήσου Λήμνου. Η προσέγγιση για την αντιμετώπιση της μη ορθολογικής χρήσης των υδατικών πόρων και της πίεσης που ασκείται στους υπόγειους υδροφορείς από τη κάλυψη των αναγκών της ύδρευσης και άρδευσης δεν μας αφήνει περιθώρια χρόνου για εφησυχασμό.

Στις προτεραιότητες έγκειται η ολοκλήρωση του Διαχειριστικού Σχεδίου των Υδατικών Πόρων στα Νησιά του Αιγαίου το οποίο θα λαμβάνει υπόψη τις τοπικές

ιδιαιτερότητες του κάθε νησιωτικού συμπλέγματος σε επίπεδο τοπικό και όχι περιφερειακό.

Συνεπικουρούμενο του Περιφερειακού Διαχειριστικού Σχεδίου Υδατικών Πόρων από επίπεδο διοίκησης σε τοπικό επίπεδο, απαιτεί την ίδρυση Δημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης Αποχέτευσης η οποία με την σειρά της θα θέσει τις προτεραιότητες για την διαχείριση των υδατικών πόρων και τις αναγκαίες μελέτες για την αξιοποίηση του επιφανειακού υδατικού δυναμικού.

Μέσω της παρούσας μελέτης, πλέον είναι ξεκάθαρο τόσο η τάξη μεγέθους του θεωρητικού υδατικού δυναμικού όσο και οι θέσεις που μπορούν να κατασκευασθούν έργα αξιοποίησης καθώς και το επίπεδο αξιοπιστίας των έργων αυτών για συγκεκριμένους όγκους απόληψης. Δεδομένου της νέας προγραμματικής περιόδου και της έμφασης που θα δοθεί σε έργα περιβάλλοντος και διαχείρισης των υδατικών πόρων, μπορούμε να θεωρήσουμε πως ο «Οδικός Χάρτης» για τις κρίσιμες πολιτικές αποφάσεις που θα ληφθούν το προσεχές διάστημα για το νησί της Λήμνου και την ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων είναι ένα βήμα πριν την ολοκλήρωσή του. Αυτό που απαιτείται με τον πιο ξεκάθαρο τρόπο, είναι η συνέχιση των διεργασιών σε επίπεδο προμελέτης ώστε να κατανοηθούν πλήρως οι γεωλογικές συνθήκες, οι υδρογεωλογικές παράμετροι, οι ανάγκες σε άρδευση και να καταρτιστούν τα διαχειριστικά σενάρια καθώς και οι δείκτες ανάπτυξης και βιωσιμότητας των έργων αυτών που θα εξασφαλίσουν την αξιοποίηση του επιφανειακού υδατικού δυναμικού και θα προσδώσουν κίνητρα ανάπτυξης στην τοπική κοινωνία και οικονομία.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ameziane, T., M. Belghiti, S. Benbeniste, M. Bergaoui, B. Bonaccorso, A. Cancelliere, T. Christofides, Confederación Hidrográfica del Tajo, F. Cubillo, L. Euchí, D. Gabiña, A. Garrido, L. Garrote, S. Hajispyrou, J.C. Ibáñez, A. Iglesias, E. Keravnou-Papailiou, A. Lapeña, F. Lebdi, A. López-Francos, M.H. Louati, M. Mathlouthi, H.J. Mellouli, M. Moneo, A. Ouassou, D. Pangalou, P. Pashardes, S. Quiroga, G. Rossi, N. Rostandi, D. Saraçoglu, T. Sibou, D. Tigkas, G. Tsakiris, N. Tsiourtis, C. Vangelis, and A. Ziyad, 2005. Drought Management Guidelines, Euro-Mediterranean Regional Programme for Local Water Management (MEDA Water) - Mediterranean Drought Preparedness and Mitigation Planning (MEDROPLAN), 78 pp., European Commission - EuropeAid Co-operation Office.

[http://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/3907MEDROPLAN%20guidelines\\_english.pdf](http://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/3907MEDROPLAN%20guidelines_english.pdf)

C-264/07: Οδηγία Πλαίσιο 2000/60/EK – Μη συμμόρφωση με τις διατάξεις (Άρθρα 5(1) και 15(2)).

Giakoumakis, S., Tsakiris, G., Efremides, D., 1991. On the rainfall-runoff modelling in a mediterranean region environment. In Advances in water resources technology. Tsakiris G. (ed.), A. A. Balkema Publishers, Rotterdam

Higgins MD, Higgins R (1996) A Geological companion to Greece and the Aegean. Duckworth Publishers, London.  
<http://www.uqac.ca/mhiggins/gcga/Chap%2012.pdf>

Kozanis, S., A. Christofides, N. Mamassis, A. Efstratiadis, and D. Koutsoyiannis, Hydrognomon – A hydrological data management and processing software tool, 2nd General Assembly of the European Geosciences Union, Geophysical Research Abstracts, Vol. 7, Vienna, 04644, European Geosciences Union, 2005.  
<http://www.itia.ntua.gr/getfile/647/3/documents/2005EGUHydrognomonA4.pdf>

Loucks, D.P., E. van Beek, J.R. Stedinger, J.P.M. Dijkman, Water Resources Systems Planning and Management, An Introduction to Methods, Models and Applications, Studies and Reports in Hydrology, UNESCO Publishing, 680 pages, Paris, 2005.  
[http://hydrologie.org/BIB/Publ\\_UNESCO/SR\\_999\\_E\\_2005.pdf](http://hydrologie.org/BIB/Publ_UNESCO/SR_999_E_2005.pdf)

Pavlidis S., Mountrakis D., Kiliyas A., Tranos M. The role of strike – slip movements in the extensional area of Northern Aegean (Greece). A case of transtensional tectonics. Annales Tectonicae, Special issue, IV, 2, 196-211. (1990).

PRISMA, Τριανταφυλλίδης Λ., Μάνδουλας Χρ. 2013. Αξιολόγηση, Αναθεώρηση και Εξειδίκευση Π.Π.Χ.Σ.Σ.Α. Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου – Α1' Στάδιο. Α.1.1.β.1.4.α/4. Εξέλιξη του πληθυσμού Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου κατά Περιφερειακή Ενότητα, Δήμο και Δημοτική Ενότητα (2001-2011).

[http://www.pvaigaiou.gov.gr/web/guest/ypna?p\\_p\\_id=bs\\_documents&p\\_p\\_action=1&p\\_p\\_state=exclusive&p\\_p\\_mode=view&\\_bs\\_documents\\_struts\\_action=%2Fext%2Fdocuments%2Fget\\_file&\\_bs\\_documents\\_mainid=18113&\\_bs\\_documents\\_loadaction=view](http://www.pvaigaiou.gov.gr/web/guest/ypna?p_p_id=bs_documents&p_p_action=1&p_p_state=exclusive&p_p_mode=view&_bs_documents_struts_action=%2Fext%2Fdocuments%2Fget_file&_bs_documents_mainid=18113&_bs_documents_loadaction=view)

PRISMA, Τριανταφυλλίδης Λ., Μάνδουλας Χρ. 2013. Αξιολόγηση, Αναθεώρηση και Εξειδίκευση Π.Π.Χ.Σ.Σ.Α. Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου – Α1' Στάδιο. Α.1.1.β.1.4.β. Οικονομική Φυσιογνωμία.  
[http://www.pvaigaiou.gov.gr/web/guest/ypna?p\\_p\\_id=bs\\_documents&p\\_p\\_action=1&p\\_p\\_state=exclusive&p\\_p\\_mode=view&\\_bs\\_documents\\_struts\\_action=%2Fext%2Fdocuments%2Fget\\_file&\\_bs\\_documents\\_mainid=18114&\\_bs\\_documents\\_loadaction=view](http://www.pvaigaiou.gov.gr/web/guest/ypna?p_p_id=bs_documents&p_p_action=1&p_p_state=exclusive&p_p_mode=view&_bs_documents_struts_action=%2Fext%2Fdocuments%2Fget_file&_bs_documents_mainid=18114&_bs_documents_loadaction=view).

U.S.S.A. 1986. Urban Hydrology for Small Watersheds, TR-55, United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Conservation Engineering Division, Technical Release 55

Δανιλάκης Β. 2011. Ελλείμματα και προβλήματα στην εφαρμογή της πολιτικής της ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων στην Ελλάδα: Η περίπτωση της λίμνης Κορώνειας. Νόμος και Φύση.  
[http://www.nomosphysics.org.gr/articles.php?artid=4259&lang=1&catid=1#\\_ftn55](http://www.nomosphysics.org.gr/articles.php?artid=4259&lang=1&catid=1#_ftn55)

Ειδική Γραμματεία Υδάτων 2014. Προσχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Νήσων Αιγαίου (GR14).

Θεοχάρης Μ. 2010. Εξαμυσοδιαπνοή. <http://theoxar.weebly.com/test1.html>

Ινστιτούτο Τοπικής Αυτοδιοίκησης 2008. Οδηγία –πλαίσιο 2000/60 για τη Διαχείριση Υδατινών Πόρων.

Καριψιάδης Γ. 2008. Η Οδηγία- Πλαίσιο για τα Ύδατα. Διαχείριση Διασυνοριακών Υδάτων, Νόμος και Φύση.  
<http://www.nomosphysics.org.gr/articles.php?artid=3609&lang=1&catid=1>

Κοζάνης Σ., Χριστοφίδης Α., και Ευστρατιάδης Α. 2005. Περιγραφή συστήματος διαχείρισης και επεξεργασίας δεδομένων «Υδρογνώμων», Τεύχος 2, Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Συστημάτων σε σύζευξη με εξελιγμένο υπολογιστικό σύστημα «Οδυσσευς».

Κουτσογιάννης, Δ., Α. Ανδρεαδάκης, Ρ. Μαυροδήμου, Α. Χριστοφίδης, Ν. Μαμάσης, Α. Ευστρατιάδης, Α. Κουκουβίνος, Γ. Καραβοκυρός, Σ. Κοζάνης, Δ. Μαμάης, και Κ. Νουτσόπουλος, 2008. Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, Υποστήριξη της κατάρτισης Εθνικού Προγράμματος Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, 748 σελ., Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος - ΕΜΠ, Αθήνα. Διαθέσιμο στο: <https://www.itia.ntua.gr/getfile/782/101/documents/2008-final-report-v2.pdf>

Κουτσογιάννης, Δ., και Θ. Ξανθόπουλος 1999, Τεχνική Υδρολογία, Έκδοση 3, 418 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, <http://www.itia.ntua.gr/el/docinfo/115/>

- Λέκκας Σ. & Αλεξόπουλου Α. 1984. Σημειώσεις: Μαθήματα Υδρογεωλογίας. Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Δυναμικής Τεκτονικής Εφαρμοσμένης Γεωλογίας.
- Λίττη Ε. 2008. Υδατικοί Πόροι στα Νησιά του Αιγαίου. Άνδρος. ΛΔΚ ΕΠΕ. <http://www.dafni.net.gr/gr/archives/files/051008/litti.pdf>
- Λουκάς Αθ. & Μυλόπουλος Ν. 2006. Σημειώσεις Μαθήματος: Εφαρμογές Προσομοίωσης σε Υδροσυστήματα. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Μιμίκου Μ. Α. 2002. Η εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60 σε επίπεδο λεκανών απορροής. Προοπτικές με βάση την ελληνική πραγματικότητα. Ημερίδα: «Οδηγία Πλαίσιο 2000/60 - Εναρμόνιση με την ελληνική πραγματικότητα» ΕΜΠ. <http://hydro.ntua.gr/imerida/pdf/04-MIMIKOU.pdf>
- Μίχας Σ., Οικονομίδης Δ. & Τσιάλας Θ. 2008. Η συμμετοχή των φραγμάτων στη διαχείριση των υδατικών πόρων στην Περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού των νησιών του Αιγαίου (GR14). Εισήγηση στο 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο μεγάλων φραγμάτων με διεθνή συμμετοχή και έκθεση υλικών. 13-15 Νοεμβρίου. Λάρισα. Διαθέσιμο στο: <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teelar/EKDILWSEIS/damConference/eisigis/eis/4.5.pdf>
- Μοντεσάντου Β. 1999. Σημειώσεις Λιμνολογίας: Ποτάμια Υδροσυστήματα. Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Βιολογίας, Τομέας Οικολογίας και Ταξινόμησης. [http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/11/panajiotidis/Miontesantou\\_Potamology.pdf](http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/11/panajiotidis/Miontesantou_Potamology.pdf)
- Μπέλλου Κ. 2005. Σημειώσεις: Στοιχεία Τεχνικής Υδρολογίας. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικών Έργων. Κεφάλαιο 4ο Απορροές. [http://utopia.duth.gr/~kbellos/SHMEIOSEIS\\_MATHIMATON/YDROLOGIA/KEFALAIO%204.pdf](http://utopia.duth.gr/~kbellos/SHMEIOSEIS_MATHIMATON/YDROLOGIA/KEFALAIO%204.pdf)
- Μπεριάτος Η. 2013. Χωροταξικός σχεδιασμός και εδαφικές -διοικητικές δομές: Ζητήματα χωρικής διακυβέρνησης σε τοπική κλίμακα. 11ο Τακτικό Επιστημονικό Συνέδριο - 2013 (ERSA - GR). Αγροτική οικονομία Υπαιθρος χώρος περιφερειακή και τοπική ανάπτυξη. Πανεπιστήμιο Πάτρας και Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο. [http://grsa.prd.uth.gr/conf2013/21\\_beriatos\\_ersagr13.pdf](http://grsa.prd.uth.gr/conf2013/21_beriatos_ersagr13.pdf)
- ΣΜΠΕ ΠΕΣΔΑ Βορείου Αιγαίου, 2013, Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων ΠΕΠ Βορείου Αιγαίου 2014-2020. ΕΠΕΜ. [http://www.pepba.gr/blank-prosklhseis.htm?subaction=showfull&id=1407417913&archive=&start\\_from=&cat=3&](http://www.pepba.gr/blank-prosklhseis.htm?subaction=showfull&id=1407417913&archive=&start_from=&cat=3&)
- Σταματάκος, Β. (2010). «Εφαρμογή του μοντέλου Mike She σε περιόδους κλιματικής αλλαγής», Μεταπτυχιακή Διατριβή. Αθήνα, Γ.Π.Α.
- Τίγκας Δ. 2003. Δημιουργία Λογισμικού Εφαρμογής Μοντέλου Βροχόπτωσης-Απορροής. Μελέτη Εφαρμογής σε Λεκάνες απορροής του Νησιωτικού Χώρου.

Μεταπτυχιακή Εργασία η οποία υποβάλλεται για μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για το Διεπιστημονικό – Διατμηματικό Δίπλωμα Ειδίκευσης του Δ.Π.Μ.Σ. του Ε.Μ.Πολυτεχνείου "Περιβάλλον και Ανάπτυξη".

Τσακίρης Γ (2000). Από την Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην Εθνική Στρατηγική για το νερό, Ελληνική Επιτροπή για τη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων. <http://www.waterinfo.gr/eedyp/papers/GTsakiris3.html>

Τσακίρης Γ. 2004. Σημειώσεις Μαθήματος: Διαχείριση Υδατικών Πόρων. Δ.Π.Μ.Σ "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων"

Τσακίρης, Γ. (1995): «Υδατικοί πόροι: I. Τεχνική Υδρολογία-Εισαγωγή στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων». - Έκδοση «Συμμετρία».

Τσακίρης, Γ. (2006): «Υδραυλικά Έργα: II. Εγγειοβελτιωτικά Έργα». - Έκδοση «Συμμετρία».

Τσακίρης, Γ. και Γ. Μπαλούτσος, 1995. Στοιχεία Γεωμορφολογίας. Υδατικοί Πόροι: I Τεχνική Υδρολογία. Αθήνα. σελ.149-165

Υπουργείο Ανάπτυξης, 1997. «Μελέτη για την διαχείριση των υδατικών πόρων της χώρας»

Υπουργείο Ανάπτυξης: Νόμος 1739/1987 (ΦΕΚ Α 201). «Διαχείριση των υδατικών πόρων και άλλες διατάξεις»

Υπουργείο Ανάπτυξης: Προεδρικό διάταγμα 60/1998 (ΦΕΚ Α 61). «Καθορισμός χωρικής αρμοδιότητα των Τμημάτων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της Περιφέρειας»

Χριστοφίδης Α., Καραβοκυρός Γ. και Στάυρακας Ι., 2005. Σχεδιασμός βάσης δεδομένων, Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Συστημάτων σε Σύζευξη με Εξελιγμένο Υπολογιστικό Σύστημα, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα. [https://www.itia.ntua.gr/getfile/764/1/documents/report\\_1.pdf](https://www.itia.ntua.gr/getfile/764/1/documents/report_1.pdf)

Χρονοπούλου Ξ (2011). Ελληνική περιβαλλοντική διοίκηση-Η εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ για τα Ύδατα, Αθήνα. [http://www.ekdd.gr/ekdda/files/ergasies\\_esdd/21/2/1587.pdf](http://www.ekdd.gr/ekdda/files/ergasies_esdd/21/2/1587.pdf)