

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
2.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
2.1.	Αντικείμενο και σκοπός του έργου.....	4
2.2.	Ομάδα έρευνας.....	6
3.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	8
3.1.	Γενικά.....	8
3.2.	Μυθολογικά - ιστορικά στοιχεία .....	14
3.3.	Αρχαιολογικοί χώροι .....	15
3.4.	Τοπογραφία της περιοχής μελέτης.....	17
3.5.	Υδρογραφικό δίκτυο .....	20
3.6.	Κλίσεις εδαφών.....	21
3.7.	Λίμνη Κουμουνδούρου.....	23
3.8.	Γεωλογική και τεκτονική δομή της περιοχής μελέτης.....	25
3.8.1.	Γεωλογία της υδρολογικής λεκάνης της Λίμνης Κουμουνδούρου.....	25
3.8.2.	Εδαφικοί σχηματισμοί της υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Κουμουνδούρου.....	28
3.8.3.	Πυθμένας της λίμνης Κουμουνδούρου.....	31
3.8.4.	Τεκτονική - νεοτεκτονική δομή - στοιχεία παλαιογεωγραφικής εξέλιξης .....	32
3.8.5.	Σεισμοτεκτονικό πλαίσιο .....	37
3.9.	Υδρογεωλογικό καθεστώς .....	40
3.10.	Μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής μελέτης .....	43
3.10.1.	Θερμοκρασία.....	43
3.10.2.	Βροχόπτωση.....	45
3.10.3.	Πλημμυρικά φαινόμενα.....	47
3.10.4.	Σχετική υγρασία .....	50
3.10.5.	Άνεμοι .....	51
3.10.6.	Κλιματική κατάταξη.....	53
3.10.7.	Εξατμισοδιαπνοή.....	54
3.11.	Υδρολογικό ισοζύγιο υδρολογικής λεκάνης λίμνης Κουμουνδούρου.....	56
3.12.	Υδατικό ισοζύγιο λίμνης Κουμουνδούρου .....	60
3.13.	Χρήσεις γης στην περιοχή μελέτης.....	65
3.13.1.	Σημερινή κατάσταση.....	65
3.13.2.	Διαχρονική μεταβολή των χρήσεων γης .....	67

3.13.2.1	Μεθοδολογία .....	67
3.13.2.2	Αποτελέσματα .....	69
3.14.	Προστατευόμενες περιοχές .....	73
3.15.	Χλωρίδα και πανίδα .....	76
4.	ΠΙΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ .....	79
4.1.	Σημειακές πηγές ρύπανσης .....	80
4.1.1.	Βιομηχανική δραστηριότητα.....	80
4.1.2.	Λοιπές σημειακές πηγές ρύπανσης .....	84
4.2.	Γραμμικές πηγές ρύπανσης.....	85
4.3.	Μη σημειακές πηγές ρύπανσης.....	87
4.4.	Ατμοσφαιρική ρύπανση .....	91
4.4.1.	Εκτίμηση ρυπαντικών πιέσεων στην ατμόσφαιρα.....	91
4.4.2.	Ισχύουσα νομοθεσία .....	93
4.4.3.	Μετρήσεις παραμέτρων ατμοσφαιρικής ρύπανσης .....	95
4.4.4.	Το φαινόμενο του σαββατοκύριακου.....	105
5.	ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΥΜΟΥΝΔΟΥΡΟΥ .....	108
5.1.	Προϋπάρχουσες μελέτες .....	108
5.2.	Φυσικοχημικές παράμετροι και υδροχημεία.....	109
5.2.1.	Πρόγραμμα ποιοτικής παρακολούθησης υδάτων Λίμνης Κουμουνδούρου.....	109
5.2.2.	Αποτελέσματα μετρήσεων φυσικοχημικών παραμέτρων .....	111
5.2.3.	Χημικές αναλύσεις.....	120
5.2.4.	Χημική ταξινόμηση του νερού της λίμνης.....	131
5.3.	Ραδόνιο.....	134
5.3.1.	Εισαγωγή.....	134
5.3.2.	Μεθοδολογία.....	134
5.3.3.	Αποτελέσματα.....	134
5.4.	Βαρέα μέταλλα.....	136
5.4.1.	Εισαγωγή.....	136
5.4.2.	Μεθοδολογία.....	137
5.4.3.	Βαρέα μέταλλα στο νερό .....	138
5.4.4.	Βαρέα μέταλλα στα ιζήματα .....	148
5.4.5.	Βαρέα μέταλλα στην χλωρίδα.....	157
5.4.6.	Βαρέα μέταλλα στα ψάρια .....	160

5.4.7. Βιοσυσσώρευση βαρέων μετάλλων στα ψάρια .....	163
5.5. Φυτοπλαγκτόν .....	165
5.5.1. Γενικά.....	165
5.5.2. Το φυτοπλαγκτόν στην Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά (2000/60/EK).....	165
5.5.3. Μεθοδολογία.....	166
5.5.3.1 Συχνότητα δειγματοληψιών .....	166
5.5.3.2 Μικροσκοπική ανάλυση του φυτοπλαγκτού .....	167
5.5.4. Αποτελέσματα.....	168
5.5.5. Χαρακτηριστικά της κοινότητας φυτοπλαγκτού της λίμνης Κουμουνδούρου.....	173
5.5.6. Χλωροφύλλη-α.....	174
5.5.6.1 Μεθοδολογία .....	174
5.5.6.2 Αποτελέσματα .....	174
5.6. Μακροασπόνδυλη πανίδα .....	179
5.6.1. Μεθοδολογία.....	179
5.6.2. Αποτελέσματα - συζήτηση δειγματοληψίας βένθους λίμνης .....	180
5.7. Υδρογονάνθρακες .....	185
5.7.1. Εισαγωγή.....	185
5.7.2. Μεθοδολογία.....	186
5.7.3. Αναλύσεις στο νερό .....	186
5.7.4. Αναλύσεις στο ίζημα.....	187
5.8. Μικροβιολογικές αναλύσεις .....	191
5.8.1. Εισαγωγή.....	191
5.8.2. Μεθοδολογία.....	191
5.8.3. Αποτελέσματα μικροβιολογικών αναλύσεων .....	192
5.9. Ιχθυοπανίδα.....	195
5.9.1. Παλαιότερες μελέτες.....	195
5.9.2. Μεθοδολογία.....	195
5.9.3. Αποτελέσματα.....	197
5.9.4. Αποτελέσματα της παρακολούθησης ιχθυολογικών παραμέτρων .....	199
5.10. Ορνιθοπανίδα.....	202
5.10.1. Γενικά.....	202
5.10.2. Μέθοδος καταγραφών ορνιθοπανίδας.....	203
5.10.3. Ποικιλότητα Ειδών και πληθυσμοί ορνιθοπανίδας.....	206

5.10.4.	Αφθονία και πληθυσμοί πουλιών .....	209
5.11.	Οικότοποι- Χλωρίδα .....	213
5.11.1.	Συγκεκριμένος σχολιασμός επι της βλάστησης .....	215
5.11.1.1	Υδάτινο Περιβάλλον .....	215
5.11.1.2	Παρόχθιο Περιβάλλον.....	217
5.11.2.	Απειλούμενα Είδη .....	218
5.12.	Ταξινόμηση οικολογικής ποιότητας του νερού της λίμνης .....	220
5.12.1.	Γενικά .....	220
5.12.2.	Σύστημα ταξινόμησης OECD (1982).....	221
5.12.3.	Σύστημα ταξινόμησης EPA (2000).....	223
5.12.4.	Σύστημα ταξινόμησης Δανίας.....	224
5.12.5.	Σύστημα ταξινόμησης ECOFRAME .....	226
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	229
6.1.	Χημική Ποιότητα .....	229
6.2.	Βιολογική Ποιότητα.....	232
6.2.1.	Ιχθυοπανίδα.....	232
6.2.2.	Ορνιθοπανίδα .....	233
6.2.3.	Υδρόβια Βλάστηση .....	236
7.	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ - ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ .....	238
7.1.	Γενικές παρατηρήσεις .....	238
7.2.	Αποκατάσταση της επικοινωνίας της λίμνης Κουμουνδούρου με τη θάλασσα .....	240
7.2.1.	Εισαγωγή.....	240
7.2.2.	Προτεινόμενο πρόγραμμα αποκατάστασης της επικοινωνίας της λίμνης με τη θάλασσα .....	241
7.2.2.1	Εισαγωγή .....	241
7.2.2.2	Σχεδιαστικά κριτήρια .....	242
7.2.2.3	Κοστολόγηση προτεινόμενου προγράμματος.....	247
7.3.	Επιχειρησιακή παρακολούθηση της οικολογικής ποιότητας των υδάτων της λίμνης Κουμουνδούρου .....	249
7.4.	Παρακολούθηση ποιότητας νερού υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα στην υδρολογική λεκάνη της λίμνης Κουμουνδούρου .....	250
7.5.	Καθαρισμός μικρού έλους στο νοτιοδυτικό τμήμα της λίμνης.....	251
7.6.	Η αναψυχή, περιβαλλοντική εκπαίδευση και περιβαλλοντική ερμηνεία στην Λίμνη Κουμουνδούρου .....	252
7.7.	Αποκατάσταση της χημικής ποιότητας της λίμνης - φυτοαποκατάσταση .....	255

7.7.1. Εισαγωγή.....	255
7.7.2. Απομάκρυνση αζώτου.....	259
7.7.3. Απομάκρυνση βαρέων μετάλλων .....	261
7.7.4. Απομάκρυνση υδρογονανθράκων.....	262
7.7.5. Παραδείγματα εφαρμογής.....	263
7.7.6. Προτεινόμενο πρόγραμμα φυτοαποκατάστασης .....	264
7.8. Συνοπτικός πίνακας προτεινόμενων έργων διαχείρισης της λίμνης Κουμουνδούρου .....	268
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	269
8.1. Ελληνική έντυπη βιβλιογραφία.....	269
8.2. Διεθνής έντυπη βιβλιογραφία .....	271
8.3. Πηγές στο διαδίκτυο .....	275
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ .....	1
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I: Φυσικοχημικές παράμετροι .....	2
1. Φυσικοχημικές παράμετροι τηλεμετρικού σταθμού .....	3
2. Φυσικοχημικές παράμετροι μετρητικού σταθμού.....	9
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II: Χάρτες .....	13
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III: Καταγραφή Ορνιθοπανίδας & Ιχθυοπανίδας.....	14
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV: Βιομηχανίες στη περιοχή μελέτης .....	19

Η πλήρης αναφορά στην παρούσα εργασία είναι:

Δημητρίου Η., Μεντζαφού Α., Ζόγκαρης Σ., Κούτσικος Ν., Κολόμπαρη Ε., Μαρκογιάννη Β., Καραούζας Ι., Κωνσταντινοπούλου Α., Σταθοπούλου Ε., Δασενάκης Μ., Κατσιάπη Σ. και Μ. Μουστάκα, 2012, "Παρακολούθηση της οικολογικής ποιότητας της Λίμνης Κουμουνδούρου και σχεδιασμός δράσεων διαχείρισης, αποκατάστασης και ανάδειξης". Τελική Τεχνική Έκθεση, ΙΘΒΠ&ΕΥ-ΕΛΚΕΘΕ.

This document may be cited as follows:

Dimitriou E., Mentzafou A., Zoggaris S., Koutsikos N., Colombari E., Markogianni V., Karaouzas I., Konstantinopoulou A., Stathopoulou E., Dasenakis M., Katsiapi S. and M. Moustaka, 2012, "Monitoring of the Ecological Quality of Koumoundourou Lake and designing of management, restoration and developmental actions". Final Technical Report, IMBR&IW-HCMR.

## **1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η παρούσα μελέτη αφορά την καταγραφή της περιβαλλοντικής κατάστασης της λίμνης Κουμουνδούρου και των ρυπαντικών πιέσεων που δέχεται η υδρολογική της λεκάνη, με στόχο την απόκτηση ολοκληρωμένης γνώσης και πληροφόρησης για την οικολογική κατάσταση και τις απειλές που δέχεται η λίμνη. Επίσης, από τα αποτελέσματα της παρούσας ερευνητικής προσπάθειας θα προκύψουν συγκεκριμένα μέτρα διαχείρισης, αποκατάστασης και ανάδειξης για το λιμναίο οικοσύστημα, τα οποία θα διατεθούν στους αρμόδιους φορείς προς διαβούλευση και υλοποίηση.

Στο δεύτερο στάδιο της ερευνητικής προσπάθειας συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν μια σειρά δειγμάτων νερού και ιζήματος για πλήθος παραμέτρων που περιλάμβαναν φυσικοχημικά (pH, θερμοκρασία, αγωγιμότητα, διαλυμένο οξυγόνο και θολότητα), θρεπτικά άλατα, βαρέα μέταλλα, υδρογονάνθρακες, μικροβιακά φορτία και βιολογικές παραμέτρους (χλωροφύλλη-α, φυτοπλαγκτόν, ιχθυοπανίδα και ορνιθοπανίδα). Τα στοιχεία αυτά συνδυάστηκαν και με παλαιότερες αντίστοιχες μετρήσεις έτσι ώστε να διαπιστωθούν και οι πιθανές διαχρονικές τάσεις εκτός από την σημερινή ποιοτική κατάσταση της λίμνης Κουμουνδούρου.

Στην παρούσα έκθεση περιλαμβάνονται τα αποτελέσματα των ανωτέρω μετρήσεων και η εκτίμηση της ποιοτικής κατάστασης της λίμνης Κουμουνδούρου. Από τα συγκεκριμένα αποτελέσματα προκύπτει ότι το οικοσύστημα της λίμνης δέχεται σημαντικές ρυπαντικές πιέσεις που έχουν επιπτώσεις στους βιολογικούς της πόρους αλλά παρατηρήθηκε μια διαχρονική βελτίωση για τις περισσότερες από τις εξετασθείσες χημικές παραμέτρους. Σημαντική διαταραχή για την ιχθυοπανίδα προκαλείται επίσης από την μη λειτουργία του θυροφράγματος στη διώρυγα που ενώνει τη λίμνη με την θάλασσα και που θα έπρεπε να εξασφαλίζει την μετακίνηση της ιχθυοπανίδας με συγκεκριμένο τρόπο. Μία από τις σημαντικότερες ρυπαντικές πιέσεις της λίμνης είναι η απότομη αύξηση των θρεπτικών και ιδιαίτερα της αμμωνίας κατά την διάρκεια του χειμώνα και της άνοιξης, γεγονός που οφείλεται εν μέρει και στην υπερσυγκέντρωση πτηνών στην περιοχή. Οι ανωτέρω αυξημένες συγκεντρώσεις θρεπτικών οδηγούν στην ανάπτυξη μακροφύτων και στην σχεδόν εξ ολοκλήρου κάλυψη του πυθμένα της λίμνης από αυτά, κάτι που ενισχύεται και από την μη ύπαρξη φυτοφάγων ψαριών στη λίμνη.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν επίσης κατά την διάρκεια του έργου έδειξαν ότι η λίμνη Κουμουνδούρου βρίσκεται σε μέτρια οικολογική κατάσταση και ως εκ τούτου απαιτούνται μέτρα διαχείρισης και αποκατάστασης ενώ εμφανίστηκαν και ατυχηματικά περιστατικά ρύπανσης που μπορεί

να προέρχονται από ανεξέλεγκτες απορρίψεις αστικών λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων σε παρακείμενα ρέματα.

Οι προτάσεις διαχείρισης της λίμνης περιλαμβάνουν την αποκατάσταση της επικοινωνίας της με την θάλασσα, μέσω ανακατασκευής του θυροφράγματος που βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα της, την συνεχή παρακολούθηση της ποιότητας νερού της λίμνης για τον έλεγχο και αποτροπή της ατυχηματικής ρύπανσης, την διαχείριση της βλάστησης και του ιζήματος για την μείωση των θρεπτικών καθώς και την περιβαλλοντική προβολή και αξιοποίηση της.



## 2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 2.1. Αντικείμενο και σκοπός του έργου

Το παρόν έργο, με τίτλο **"ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΗΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΥΜΟΥΝΔΟΥΡΟΥ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΡΑΣΕΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ, ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΔΕΙΞΗΣ"**, που εκτελείται από το Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (Ι.Θ.Β.Π. & Ε.Υ. - ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.), με φορέα ανάθεσης την εταιρία με την επωνυμία "Ελληνικά Πετρέλαια Α.Ε.", αφορά τη μελέτη της οικολογικής κατάστασης της λίμνης Κουμουνδούρου του Δήμου Ασπρόπυργου, προκειμένου να σχεδιαστούν δράσεις διαχείρισης, προστασίας, αποκατάστασης και ανάδειξης της Λίμνης. Συγκεκριμένα, οι στόχοι του έργου, όπως καταγράφονται στην σχετική πρόταση και σύμβαση υλοποίησης, είναι οι ακόλουθοι:

- 1) Η απόκτηση ολοκληρωμένης γνώσης και πληροφόρησης για την οικολογική κατάσταση της Λ. Κουμουνδούρου και τις απειλές της.
- 2) Η εκτίμηση επικινδυνότητας ρύπανσης της Λίμνης από την εισροή υπόγειων υδάτων και η συνεχής παρακολούθηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών της.
- 3) Ο σχεδιασμός και η βελτιστοποίηση των δράσεων διαχείρισης, προστασίας και αποκατάστασης της Λίμνης.
- 4) Η ανάπτυξη υλικού περιβαλλοντικής εκπαίδευσης και ενημέρωσης για το οικοσύστημα της Λ. Κουμουνδούρου.

Το έργο είναι συνολικής διάρκειας 18 μηνών, με έναρξη τον Ιανουάριο του 2011, και περιλαμβάνει 3 φάσεις:

**1<sup>η</sup> φάση:** Από την έναρξη του έργου έως το τέλος του 6<sup>ου</sup> μήνα. Στην φάση αυτή θα συλλεχθούν τα βιβλιογραφικά δεδομένα για την περιοχή μελέτης, θα εγκατασταθεί ο αυτόματος σταθμός παρακολούθησης και θα πραγματοποιηθούν οι αρχικές μετρήσεις για φυσικοχημικές, χημικές και βιολογικές παραμέτρους. Επίσης, εντός της συγκεκριμένης φάσης θα τοποθετηθεί και ενημερωτική πινακίδα πλησίον της λίμνης Κουμουνδούρου που θα γνωστοποιεί την υλοποίηση του έργου, ενώ θα περιλαμβάνει και πληροφορίες σχετικά με την ιστορία και την οικολογική αξία της λίμνης. Το

αργότερο 1 μήνα μετά το τέλος της συγκεκριμένης φάσης θα παραδοθεί τεχνική έκθεση προόδου στον εργοδότη με όλα τα ανωτέρω αποτελέσματα.

**2<sup>η</sup> φάση:** Από την αρχή του 7<sup>ου</sup> μήνα έως το τέλος του 12<sup>ου</sup> μήνα. Στην φάση αυτή θα ολοκληρωθεί το ετήσιο πρόγραμμα παρακολούθησης φυσικοχημικών, χημικών και βιολογικών παραμέτρων της λίμνης Κουμουνδούρου, θα έχει ολοκληρωθεί η ιστοσελίδα του έργου που θα παρουσιάζει την ιστορία και την οικολογική αξία της περιοχής καθώς και τα αποτελέσματα του έργου, ενώ θα παραδοθεί και όλο το σχετικό οπτικοακουστικό υλικό που θα έχει παραχθεί έως τότε. Το αργότερο 1 μήνα μετά το τέλος της συγκεκριμένης φάσης θα παραδοθεί τεχνική έκθεση προόδου στον εργοδότη με όλα τα ανωτέρω αποτελέσματα.

**3<sup>η</sup> φάση:** Από την αρχή του 13<sup>ου</sup> μήνα έως το τέλος του 18<sup>ου</sup> μήνα. Στην φάση αυτή θα ολοκληρωθεί η επεξεργασία του προγράμματος παρακολούθησης της οικολογικής ποιότητας της λίμνης Κουμουνδούρου, ο υπολογισμός του υδατικού ισοζυγίου της, θα περιγραφεί το οικοσύστημα της λίμνης, οι λειτουργίες του και τα προβλήματα / απειλές του ενώ θα συγκεκριμενοποιηθούν οι δράσεις διαχείρισης και διατήρησης του. Επίσης, θα ολοκληρωθεί, σε συνεργασία με τον εργοδότη, η υλοποίηση του ενημερωτικού υλικού για την λίμνη (φυλλάδιο, booklet, παρουσιάσεις πολυμέσων και video) και θα παραχθεί το σχέδιο διαχείρισης και αξιοποίησης της λίμνης. Το αργότερο 1 μήνα μετά το τέλος της συγκεκριμένης φάσης θα παραδοθεί τεχνική έκθεση στον εργοδότη με όλα τα ανωτέρω αποτελέσματα.

Η τρίτη φάση του έργου ολοκληρώθηκε και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην παρούσα Τελική Τεχνική Έκθεση που παραδίδεται σύμφωνα με το προαναφερθέν χρονοδιάγραμμα. Η έκθεση περιγράφει όλες τις ενέργειες που έλαβαν χώρα για την υλοποίηση του έργου, όπως τη συγκέντρωση και επεξεργασία ιστορικών και σύγχρονων περιβαλλοντικών δεδομένων για την περιοχή έρευνας, την αρχική καταγραφή των ανθρωπογενών πιέσεων, την εγκατάσταση των αυτόματων τηλεμετρικών σταθμών παρακολούθησης φυσικοχημικών παραμέτρων και τα αποτελέσματα των μετρήσεων οικολογικής ποιότητας της λίμνης. Σημαντικό γεγονός στη πρόοδο και την δημοσιοποίηση του έργου αποτελεί και η ιστοσελίδα που φτιάχτηκε ειδικά για τον σκοπό αυτό ([www.lake-koumoundourou.gr](http://www.lake-koumoundourou.gr)).

Η τοποθέτηση της ενημερωτικής πινακίδας δεν ολοκληρώθηκε, παρότι σχεδιάστηκε με την συμμετοχή όλων των εμπλεκόμενων, μετά από συνεννόηση με τον φορέα χρηματοδότησης του έργου. Επίσης, για την βέλτιστη υλοποίηση του έργου το ΙΘΒΠ&ΕΥ-ΕΛΚΕΘΕ συνεργάστηκε με το τμήμα Χημείας του

Πανεπιστημίου Αθηνών καθώς και με το τμήμα Βιολογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Στην παρούσα τελική τεχνική έκθεση, παρουσιάζεται η ερμηνεία των μετρήσεων και περιγράφονται αναλυτικά οι προτάσεις της ομάδας έργου για την διαχείριση και αποκατάσταση της λίμνης.

## 2.2. Ομάδα έρευνας

Για την εκτέλεση των εργασιών του έργου συνεργάστηκαν οι εξής:

Όνοματεπώνυμο	Ειδικότητα	Φορέας
Δρ. Ηλίας Δημητρίου	Γεωλόγος - Διαχείριση Υδατικών Πόρων. Επιστ. Υπεύθυνος	ΕΛΚΕΘΕ - ΙΘΒΠ&ΕΥ
Δρ. Σταμάτης Ζόγγαρης	Γεωγράφος - Οικολογική ποιότητα	ΕΛΚΕΘΕ - ΙΘΒΠ&ΕΥ
Δρ. Κώστας Γκριτζαλης	Βιολόγος - Μακροασπόνδυλα	ΕΛΚΕΘΕ - ΙΘΒΠ&ΕΥ
Δρ. Νικόλαος Σκουλικίδης	Υδροβιογεωχημικός	ΕΛΚΕΘΕ - ΙΘΒΠ&ΕΥ
Ρομπέρτα Μπαρμπιέρη	Ιχθυολόγος	ΕΛΚΕΘΕ - ΙΘΒΠ&ΕΥ
Ιωάννης Καραούζας	Βιολόγος - Μακροασπόνδυλα	ΕΛΚΕΘΕ - ΙΘΒΠ&ΕΥ
Αγγελική Μεντζαφού	Γεωλόγος	ΕΛΚΕΘΕ - ΙΘΒΠ&ΕΥ
Εύα Κολόμπαρη	Ιχθυολόγος - GIS	ΕΛΚΕΘΕ - ΙΘΒΠ&ΕΥ
Βασιλική Μαρκογιάννη	Περιβαλλοντολόγος	ΕΛΚΕΘΕ - ΙΘΒΠ&ΕΥ
Δρ. Αλέκα Παυλίδου	Χημικός	ΕΛΚΕΘΕ - ΙΩ

Δρ. Ιωάννης Χατζηανέστης	Χημικός	ΕΛΚΕΘΕ - ΙΩ
Δρ. Ελένη Σταθοπούλου	Χημικός	Πανεπιστήμιο Αθηνών - Τμήμα Χημείας
Καθ. Μανώλης Δασενάκης	Χημικός	Πανεπιστήμιο Αθηνών - Τμήμα Χημείας
Ναταλία Καπετανάκη	Χημικός Μηχανικός	Πανεπιστήμιο Αθηνών - Τμήμα Χημείας
Σταματία Κατσιάπη	Βιολόγος - Φυτοπλαγκτόν	Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης - Τμήμα Βιολογίας
Δρ. Μαρία Μουστάκα	Βιολόγος - Φυτοπλαγκτόν	Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης - Τμήμα Βιολογίας

Επιπρόσθετα, για την απρόσκοπτη υλοποίηση του έργου συνεργάστηκαν μέσα από την επιτροπή παρακολούθησης του έργου οι ακόλουθοι:

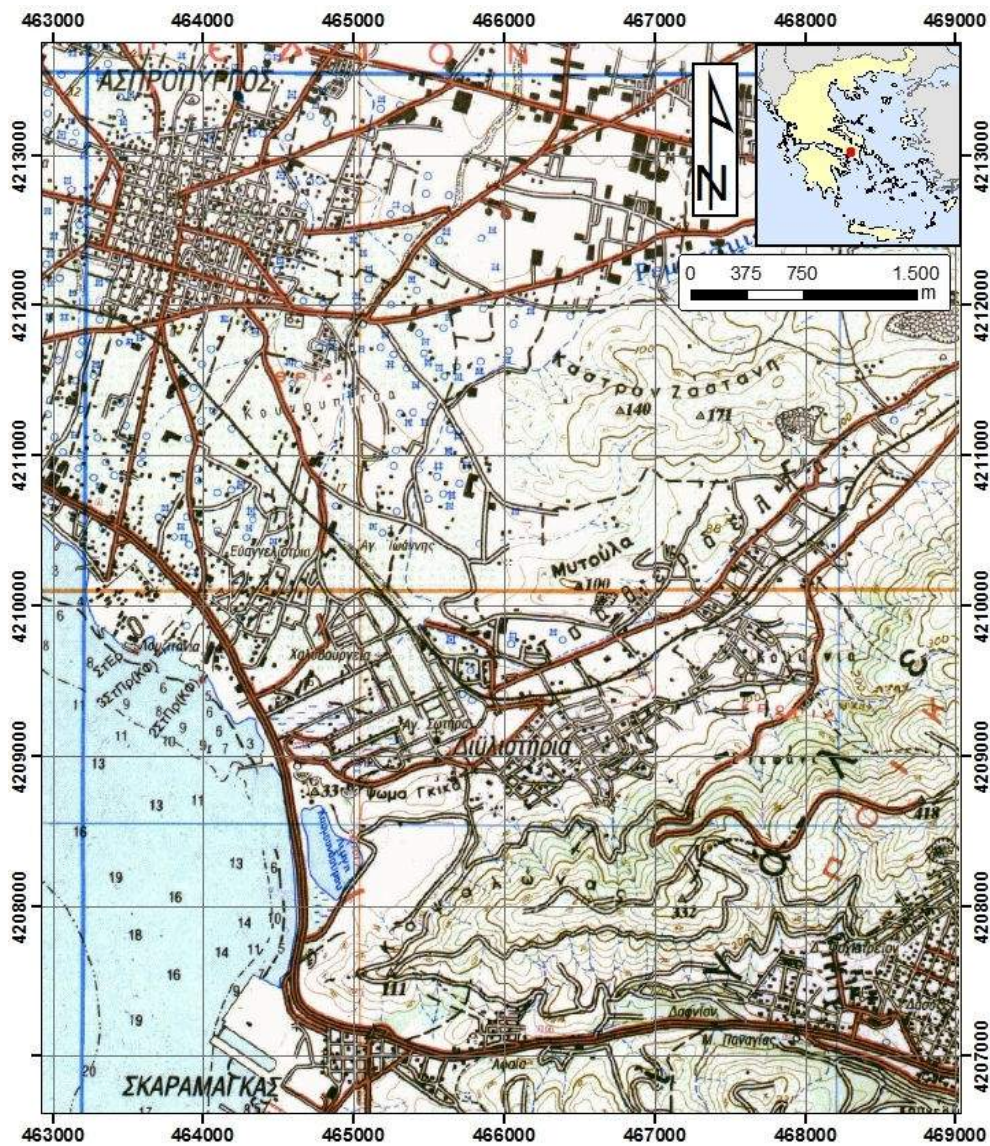
Όνοματεπώνυμο	Φορέας
Κα Παγώνη	ΕΛ.ΠΕ.
Κα Σουλάκη	ΕΛ.ΠΕ.
Δρ. Αντώνιος Μουντούρης	ΕΛ.ΠΕ.
Δημήτρης Λεβεντός	ΕΛ.ΠΕ. - Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης
Κα Ανδρουκάκη Ευ.	ΥΠΕΚΑ

Ευχαριστούμε επίσης για την πολύτιμη συνεισφορά στην υλοποίηση του έργου, μέσω παροχής σημαντικών δεδομένων, τους κυρίους Σαραντόπουλο Α. από την Ε.Μ.Υ και Χρηστίδη Α. από τον Αναπτυξιακό Σύνδεσμο Θριάσιου πεδίου.

### 3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

#### 3.1. Γενικά

Η λίμνη Κουμουνδούρου αποτελεί μία υφάλμυρη λίμνη, η οποία εντοπίζεται στο νοτιοανατολικό τμήμα του Θριάσιου πεδίου, στο βορειοανατολικό τμήμα του κόλπου της Ελευσίνας. Βρίσκεται στο 16<sup>ο</sup> km της Εθνικής Οδού Αθηνών - Κορίνθου, η οποία την χωρίζει από την θάλασσα και διέρχεται από μία χερσαία ζώνη πλάτους έως 50 m. Η λίμνη Κουμουνδούρου εντοπίζεται στις νοτιοδυτικές



**Εικόνα 1:** Γεωγραφική θέση λίμνης Κουμουνδούρου (απόσπασμα χαρτών Γ.Υ.Σ., φύλλα Αθήναι & Ελευσίς, κλίμακα 1:25.000).

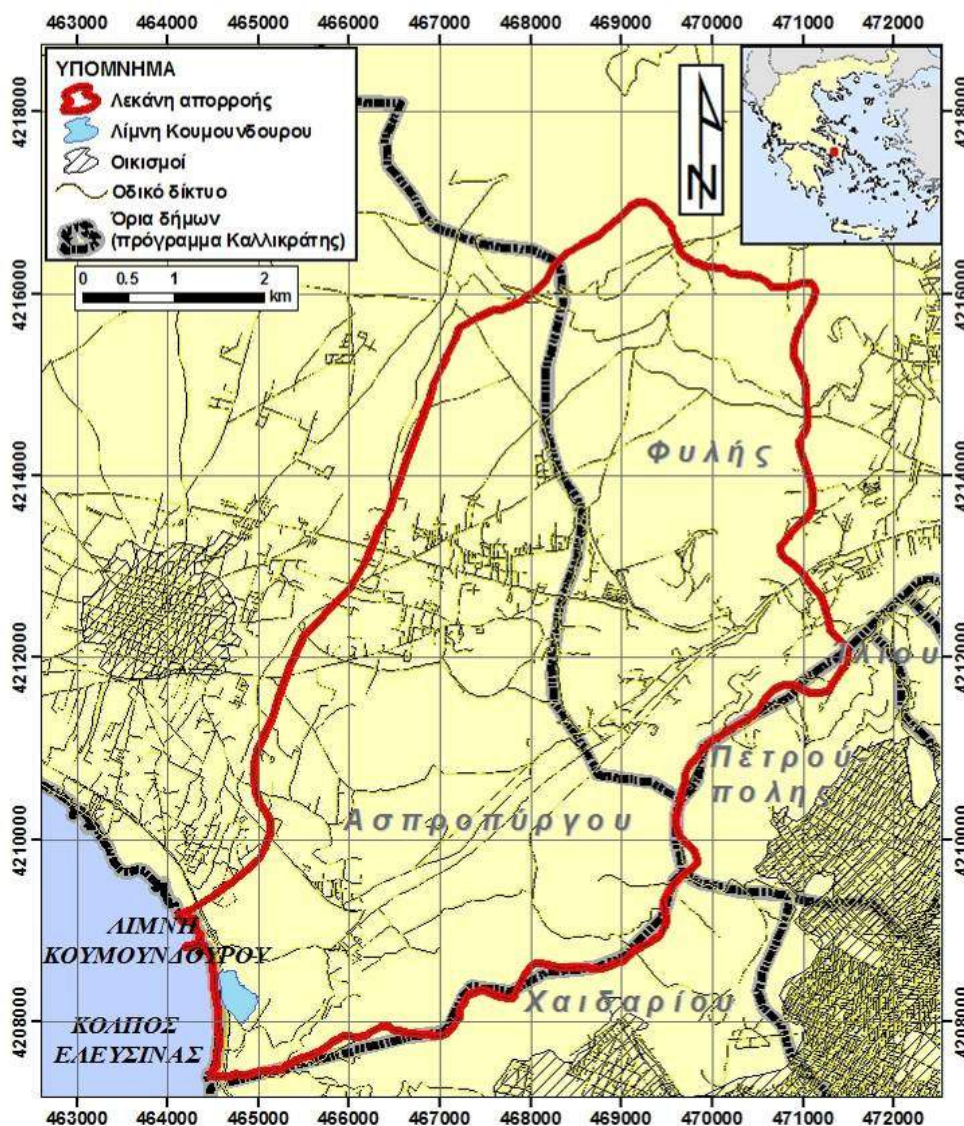
απολήξεις του όρους Αιγάλεω, μεταξύ των υψωμάτων Καψαλώνας (υψόμετρο +273 m) και Γκίκα ή Δυλιστηρίων (υψόμετρο +77 m) (Εικόνα 1). Διοικητικά η λίμνη ανήκει στη Περιφέρεια Αττικής, στον Δήμο Ασπρόπυργου.

Ο υδροκρίτης της λεκάνης απορροής της λίμνης Κουμουνδούρου διέρχεται από τις νοτιοδυτικές και δυτικές απολήξεις του όρους Αιγάλεω και τις νοτιοανατολικές απολήξεις του όρους Πάρνηθα ενώ στο δυτικό τμήμα της, η υδρολογική λεκάνη οριοθετείται από μικρούς λόφους (Εικόνα 2).



**Εικόνα 2:** Περιοχής μελέτης - υδρολογική λεκάνη λίμνης Κουμουνδούρου (GoogleEarth).

Η λεκάνη απορροής της λίμνης Κουμουνδούρου έχει συνολική έκταση 39km<sup>2</sup> και μέσο υψόμετρο 136m ενώ υπάγεται διοικητικά, στο μεγαλύτερο ποσοστό της έκτασης της, στους δήμους Ασπρόπυργου και Φυλής, και πολύ μικρά τμήματα της λεκάνης βρίσκονται στους δήμους Πετρούπολης και Χαϊδαρίου (Εικόνα 3, Πίνακας 1).



**Εικόνα 3:** Διοικητική διαίρεση της υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Κουμουνδούρου (πρόγραμμα Καλλικράτης).

**Πίνακας 1:** Δήμοι της υδρολογικής λεκάνης Κουμουνδούρου (πρόγραμμα Καλλικράτης).

Δήμος	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Έκταση (%)
Ασπρόπυργου	23,9	61,2%
Φυλής	14,8	38,0%
Λοιποί δήμοι	0,3	0,8%
<b>Σύνολο</b>	<b>39,0</b>	<b>100,0%</b>

Ιστορικά, το Θριάσιο πεδίο αποτελούσε μία αγροτική περιοχή (Εικόνα 5 και Εικόνα 6), λόγω όμως της έντονης βιομηχανοποίησής του, κατά τα τελευταία 140 χρόνια, ο αγροτικός πληθυσμός σταδιακά μειώθηκε και σήμερα πλέον δεν υφίστανται σημαντικές καλλιεργούμενες εκτάσεις στην περιοχή. Η βιομηχανική ανάπτυξη του Θριασίου πεδίου ήταν σχετικά γρήγορη αφού ευνοήθηκε λόγω της θέσης του κοντά στην Αθήνα, της εύκολης πρόσβασης που διαθέτει στο εθνικό, οδικό και σιδηροδρομικό δίκτυο, αλλά και στις θαλάσσιες μεταφορές.

Η βιομηχανική ανάπτυξη της περιοχής ξεκίνησε το 1875 με την κατασκευή της πρώτης βιομηχανικής μονάδας (Σαπωνοποιία Χαριλάου έως το 1960), ενώ ο αριθμός των βιομηχανιών αυξήθηκε σταδιακά και έφτασαν να λειτουργούν προπολεμικά στην περιοχή δέκα αξιόλογες βιομηχανίες (τσιμέντα ΤΙΤΑΝ - έτος ίδρυσης 1902, οινοπνευματοποιεία Βότρυς 1906-1986 και Κρόνος 1922-1986, βιομηχανία βερνικόχρωμών ΙΡΙΣ 1925-1970, κεραμοποιία, ελαιουργεία (π.χ. Ελαιουργική - έτος ίδρυσης 1955), μονάδες ρητίνης, κ.α., Χρηστίδης, 1995). Σήμερα, στο Θριάσιο πεδίο αναπτύσσεται η βιομηχανική ζώνη Ασπρόπυργου, με πλήθος βιομηχανιών και βιοτεχνιών, μεταξύ των οποίων διυλιστήρια (Ελληνικά Διυλιστήρια Ασπροπύργου, ΠΕΤΡΟΛΑ - έτος ίδρυσης 1971, ΜΟΤΟΡΟΪΛ στους Αγίους Θεοδώρους), χαλυβουργία (Χαλυβουργία Ελλάδας - έτος ίδρυσης 1938, Χαλυβουργική Α.Ε. - έτος ίδρυσης 1951), τσιμεντοβιομηχανίες (ΤΙΤΑΝ, Χάλυψ Δομικά Υλικά Α.Ε.), λατομεία, βιομηχανίες πυρομαχικών (ΠΥΡΚΑΛ - έτος ίδρυσης 1937), μονάδες επεξεργασίας χημικών ουσιών, μονάδες αναγέννησης ορυκτέλαιων, χαρτοβιομηχανίες, ναυπηγοεπισκευαστικές μονάδες (Ελληνικά Ναυπηγεία Σκαραμαγκά - έτος ίδρυσης 1958, Ναυπηγεία Ελευσίνας), εγκαταστάσεις αποθήκευσης και βιοτεχνίες πλαστικών - ελαστικών. Παράλληλα, υπάρχουν τέσσερις προβλήτες διακίνησης υγρών και αερίων καυσίμων, ενώ ανατολικά της λίμνης Κουμουνδούρου, σε απόσταση μερικών μέτρων, εντοπίζεται το στρατόπεδο Ταγματάρχη Ξηρογιάννη "871 Α.Β.Ε.Κ." (Αποθήκη Βάσεως Εφοδιασμού Καυσίμου), περιοχή η οποία κηρύχθηκε αναγκαστικώς απαλλοτριωτέα με το ΦΕΚ Α88/1958.

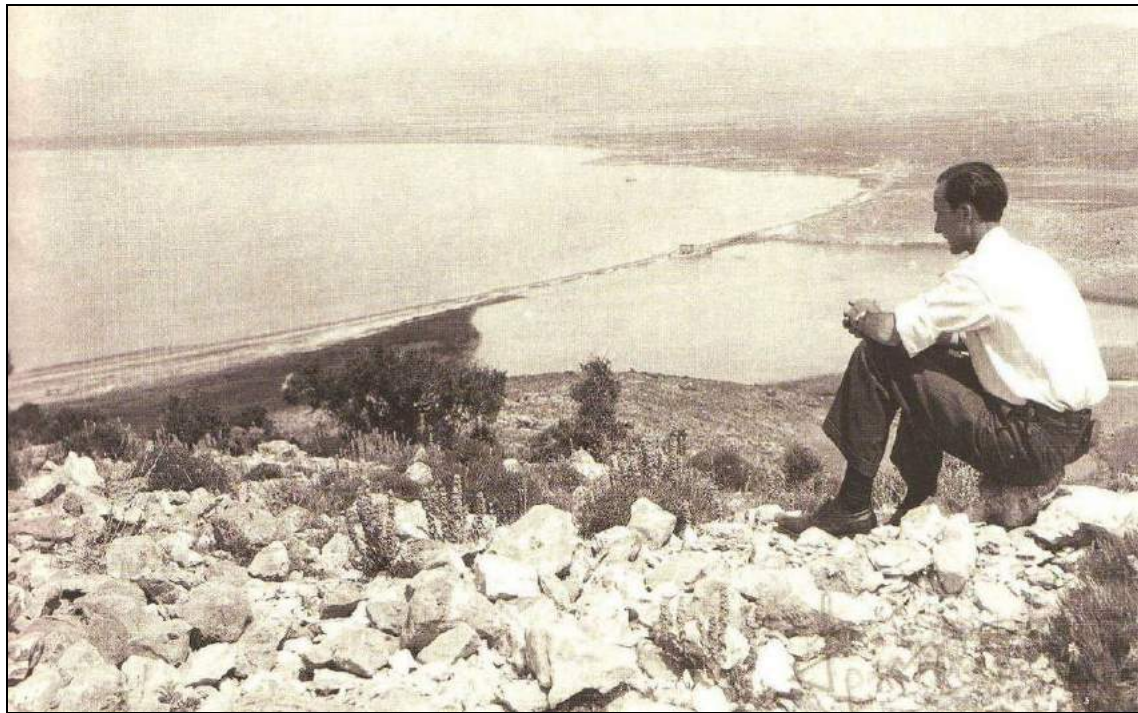


Η αγροτική και η κτηνοτροφική απασχόληση των κατοίκων του Θριάσιου Πεδίου, το οποίο παλιότερα προμήθευε με οπωροκηπευτικά προϊόντα την Αθήνα, έχει συρρικνωθεί, ωστόσο εδρεύουν ακόμα κάποιες κτηνοτροφικές και πτηνοτροφικές μονάδες.

Βόρεια του Ασπροπύργου λειτουργεί ο Χ.Υ.Τ.Α. της Μείζονος Περιοχής Αθηνών. Πρόκειται για τον νέο Χ.Υ.Τ.Α. Άνω Λιοσίων, ο οποίος λειτουργεί από το 1973 σε μία συνολική έκταση 692 στρεμμάτων υπό τη διεύθυνση του Ενιαίου Συνδέσμου Δήμων & Κοινοτήτων του Ν. Αττικής (Ε.Σ.Δ.Κ.Ν.Α.). Στον χώρο αυτό διακρίνουμε τον παλιό Χ.Δ.Α. (Χώρος Διάθεσης Απορριμμάτων Άνω Λιοσίων), ο οποίος έχει αντικατασταθεί από τον Χ.Υ.Τ.Α. (Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων Φυλής) και διαθέτει εργοστάσιο και μονάδες επεξεργασίας και ανακύκλωσης απορριμμάτων, παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και αποτέφρωσης επικίνδυνων νοσοκομειακών αποβλήτων.

Δυτικότερα συναντάται το Στρατιωτικό Αεροδρόμιο της Ελευσίνας, ενώ το λιμάνι της Ελευσίνας παρουσιάζει την μεγαλύτερη εμπορευματική κίνηση στην χώρα.

Στην περιοχή βόρεια της λίμνης Κουμουνδούρου παλιότερα υπήρχε μία δεύτερη λίμνη γνωστή με το όνομα Κεφαλάρι. Η περιοχή αυτή ήταν ελώδης και θεωρούνταν άγονη, για τον λόγο αυτό θεωρήθηκε κατάλληλη τοποθεσία για την κατασκευή των Ελληνικών Διυλιστηρίων Ασπροπύργου (ΕΛ.Δ.Α.), τα σημερινά Ελληνικά Πετρέλαια Α.Ε. Η περιοχή αποξηράνθηκε το 1956 (εφημερίδα Ελευθερία, 05/08/1956 και 20/09/1959).



**Εικόνα 4:** Η λίμνη Κουμουνδούρου την δεκαετία του 30,  
(<http://ieraodo.blogspot.com/2010/09/john-travlos-bildlexikon-zur.html>).



**Εικόνα 5:** Η λίμνη Κουμουνδούρου το 1936 (Τραυλός, 1937).

### 3.2. Μυθολογικά - ιστορικά στοιχεία

Η λίμνη Κουμουνδούρου καθώς και η παλαιότερη λίμνη Κεφαλάρι που αποξηράνθηκε, στην αρχαιότητα ήταν γνωστές με την ονομασία Ρειτοί ή λίμνες των Καθαρμών και ήταν συνδεδεμένες με τα Ελευσίνια Μυστήρια, καθώς οι συμμετέχοντες εξαγνίζονταν σε αυτές. Ήταν αφιερωμένες στις θεές της Ελευσίνας, η πρώτη στην Περσεφόνη και η δεύτερη στη Δήμητρα, ενώ δικαίωμα αλειίας σε αυτές, είχαν μόνο οι ιερείς της Ελευσίνας. Κατά την αρχαιότητα επικρατούσε η δοξασία ότι το νερό των λιμνών προερχόταν από τον Ευβοϊκό κόλπο. Δυτικά των λιμνών, στο σημείο που σήμερα διέρχεται η Εθνική Οδός Αθηνών - Κορίνθου, εντοπίζεται τμήμα της αρχαίας Ιεράς Οδού.



**Εικόνα 6:** Απόσπασμα χάρτη του 1878-79, όπου σημειώνονται οι δύο λίμνες Ρειτοί και οι θέσεις των δύο υδρόμυλων (Karten von Attika BL.VI Pyrgos, 1878/79).

Κατά τον Πausanία, οι λίμνες αυτές δημιουργήθηκαν από ρέματα που πήγαζαν στις παρυφές του Αιγάλεω όρους και χύνονται στον κόλπο της Ελευσίνας. Οι Μινύες, Βοιωτοί οι οποίοι εγκαταστάθηκαν στην ευρύτερη περιοχή το 13<sup>ο</sup>-12<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ. και οι οποίοι θεωρούνται πρωτοπόροι στην κατασκευή τεχνικών έργων, κατασκεύασαν φράγματα προς την πλευρά της θάλασσας εκμεταλλευόμενοι τη μορφολογική ταπείνωση στην περιοχή των πηγών για τη συγκέντρωση των υδάτων των μικρών ρεμάτων που δημιουργούνταν, με συνέπεια την δημιουργία των δύο λιμνών. Τα νερά των λιμνών διοχετεύονταν στην θάλασσα μέσω καναλιού, όπου έθεταν σε κίνηση δύο παραθαλάσσιους μύλους (Εικόνα 6). Κατά τον Πausanία, το νερό των πηγών αυτών ήταν υφάλμυρο.

Στο κεντρικό τμήμα της λίμνης εντοπίζονται λίθοι νοτιοανατολικής - βορειοδυτικής διεύθυνσης, οι οποίοι προέρχονται από γέφυρα του 5<sup>ου</sup> π.Χ. αιώνα κατασκευασμένη με λίθους από αρχαίο ναό (ΥΛΗ, 2003)

Κατά τον 19<sup>ο</sup> αιώνα έγιναν έργα επιχωμάτωσης και οδοποιίας μεταξύ της ακτής του Σκαρμαγκακά και της λίμνης, κατά την διάρκεια της πρωθυπουργίας του Αλέξανδρου Κουμουνδούρου (1817-1883), στον οποίο αποδίδεται και η σύγχρονη ονομασία της λίμνης.

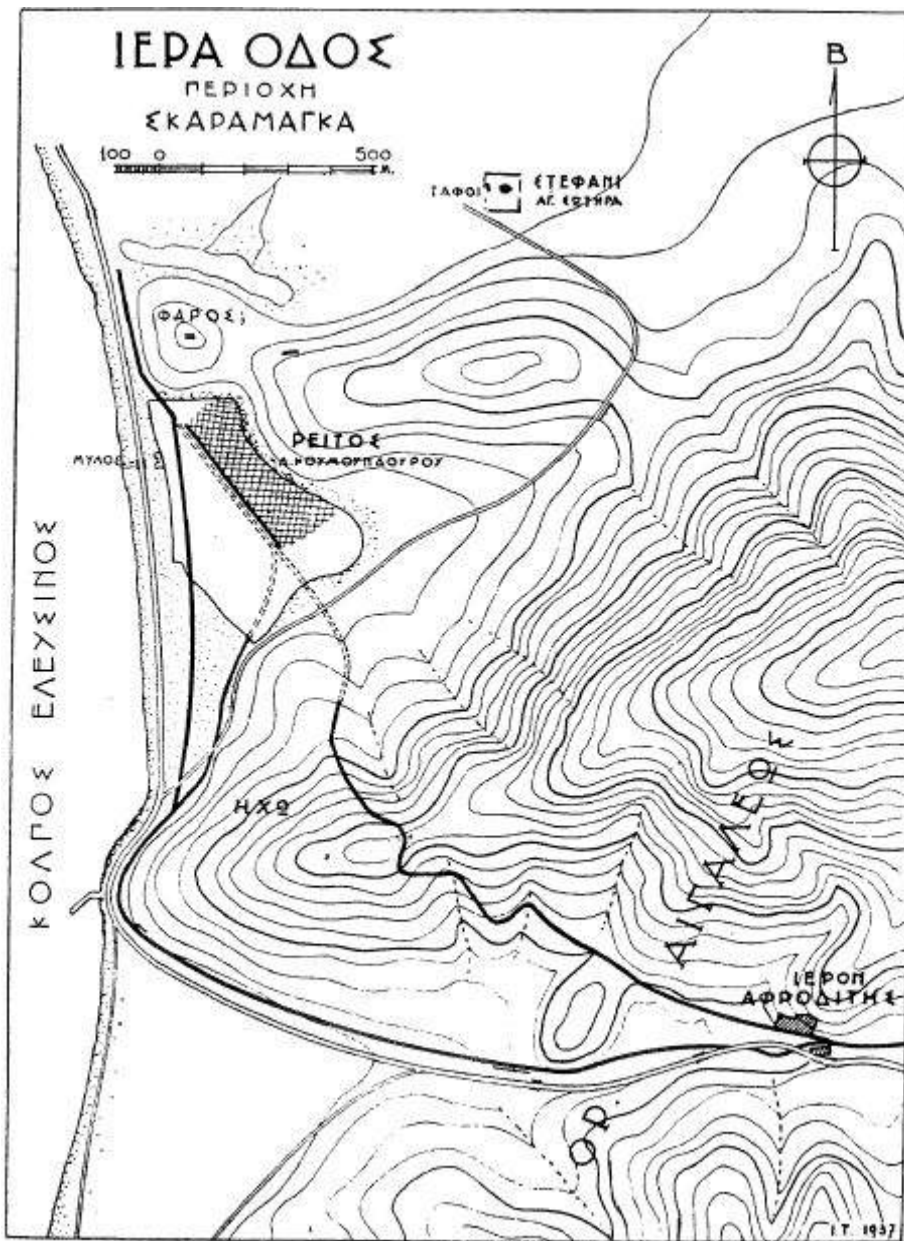
Στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα πραγματοποιήθηκαν έργα διαπλάτυνσης της εθνικής οδού Αθηνών - Κορίνθου με συνέπεια τη μείωση της επιφάνειας της λίμνης Κουμουνδούρου. Η βόρεια λίμνη αποξηράθηκε κατά τη δεκαετία του 1950, μετά την ίδρυση στον Ασπρόπυργο Αττικής των Ελληνικών Διυλιστηρίων Ασπρόπυργου.

### 3.3. Αρχαιολογικοί χώροι

Η περιοχή της λίμνης Κουμουνδούρου χαρακτηρίστηκε αρχαιολογικός χώρος και ορίστηκε ζώνη προστασίας πλάτους 50 m γύρω από αυτήν (Υπουργική Απόφαση ΥΑ Α/Φ31/41/1/2-1-1974 - ΦΕΚ 5/Β/8-1-1974, Αρθρ. 5 Ν. 1469/1950).

Σημαντικά δεδομένα που επιβεβαιώνουν την σημαντικότητα του χώρου ως ιστορικό μνημείο και οδήγησαν στην ανωτέρω απόφαση είναι ότι νότια της λίμνης Κουμουνδούρου βρίσκεται ο Λόφος της Ηχούς, ενώ βόρεια - βορειοανατολικά, στον λόφο Γκίκα, βρίσκονται ερείπια των ρωμαϊκών χρόνων, τα οποία εικάζεται ότι ήταν φάρος και μάλιστα ένας από τους παλαιότερους στην Ελλάδα. Νότια και

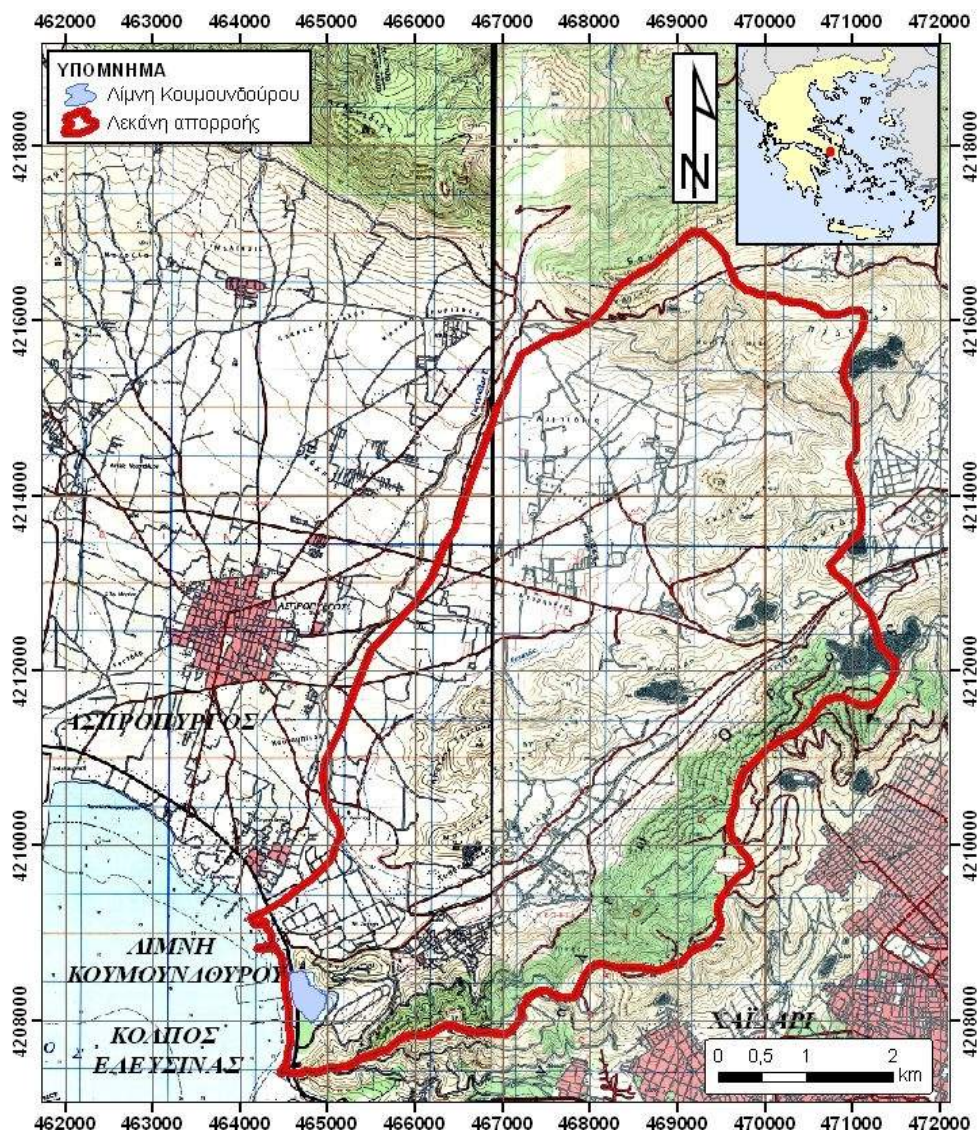
ανατολικά της Λίμνης Κουμουνδούρου διέρχεται η αρχαία Ιερά Οδός, που συνέδεε την πόλη των Αθηνών με το Θριάσιο πεδίο (Εικόνα 7).



**Εικόνα 7:** Οι σημαντικότεροι αρχαιολογικοί χώροι της ευρύτερης περιοχής Σκαραμαγκά. Με μαύρη έντονη γραμμή σημειώνεται η Ιερά Οδός (Τραυλός, 1938).

### 3.4. Τοπογραφία της περιοχής μελέτης

Η λεκάνη απορροής της λίμνης Κουμουνδούρου έχει έκταση 39,0 km<sup>2</sup> (Πίνακας 2) και βρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα του Θριάσιου πεδίου (Εικόνα 8), το οποίο έχει συνολική έκταση περίπου 345,3 km<sup>2</sup> (Καράμπελα, 1997). Η διεύθυνση της λεκάνης απορροής είναι βορειοανατολική - νοτιοδυτική και είναι ανοικτή νοτιοανατολικά προς τη θάλασσα (κόλπος Ελευσίνας), όπου εντοπίζεται και η λίμνη Κουμουνδούρου.



**Εικόνα 8:** Τοπογραφικός χάρτης της υπό μελέτη υδρολογικής λεκάνης ( Γ.Υ.Σ., φύλλα Ελευσίς & Αθήναι, κλίμακα 1:25.000).

**Πίνακας 2:** Γεωμορφολογικά στοιχεία περιοχής μελέτης.

<b>ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>	
ΕΚΤΑΣΗ (km <sup>2</sup> )	39,0
ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΣ (km)	29,7
ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΑΞΟΝΑΣ (km)	9,9
ΕΛΑΧΙΣΤΟΣ ΑΞΟΝΑΣ (km)	2,7
ΜΕΓΙΣΤΗ ΚΛΙΣΗ (°)	34,0
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΚΛΙΣΗ (°)	0,0
Μ.Ο. ΚΛΙΣΗΣ (°)	6,8

Η λεκάνη απορροής νοτιοανατολικά οριοθετείται από το Αιγάλεω όρος (μέγιστο υψόμετρο 462 m), ανατολικά από τις κορυφές Πυργάρι (υψόμετρο 224 m) και Πλάτωμα (υψόμετρο 442 m) και βόρεια από το Βουνό Χασιάς (υψόμετρο 555 m). Στο κεντρικό τμήμα, νοτιοδυτικά της λεκάνης συναντώνται λόφοι με το όνομα Κάστρο Ζάστανη (υψόμετρο 171 m) με βορειοανατολική - νοτιοδυτική διεύθυνση και οι κορυφές Μυτούλα (υψόμετρο 100 m) και Μασούρη (υψόμετρο 135 m).

Το υψόμετρο κυμαίνεται από 0 m έως 555 m (Βουνό Χασιάς), με μέσο υψόμετρο 135,6 m.

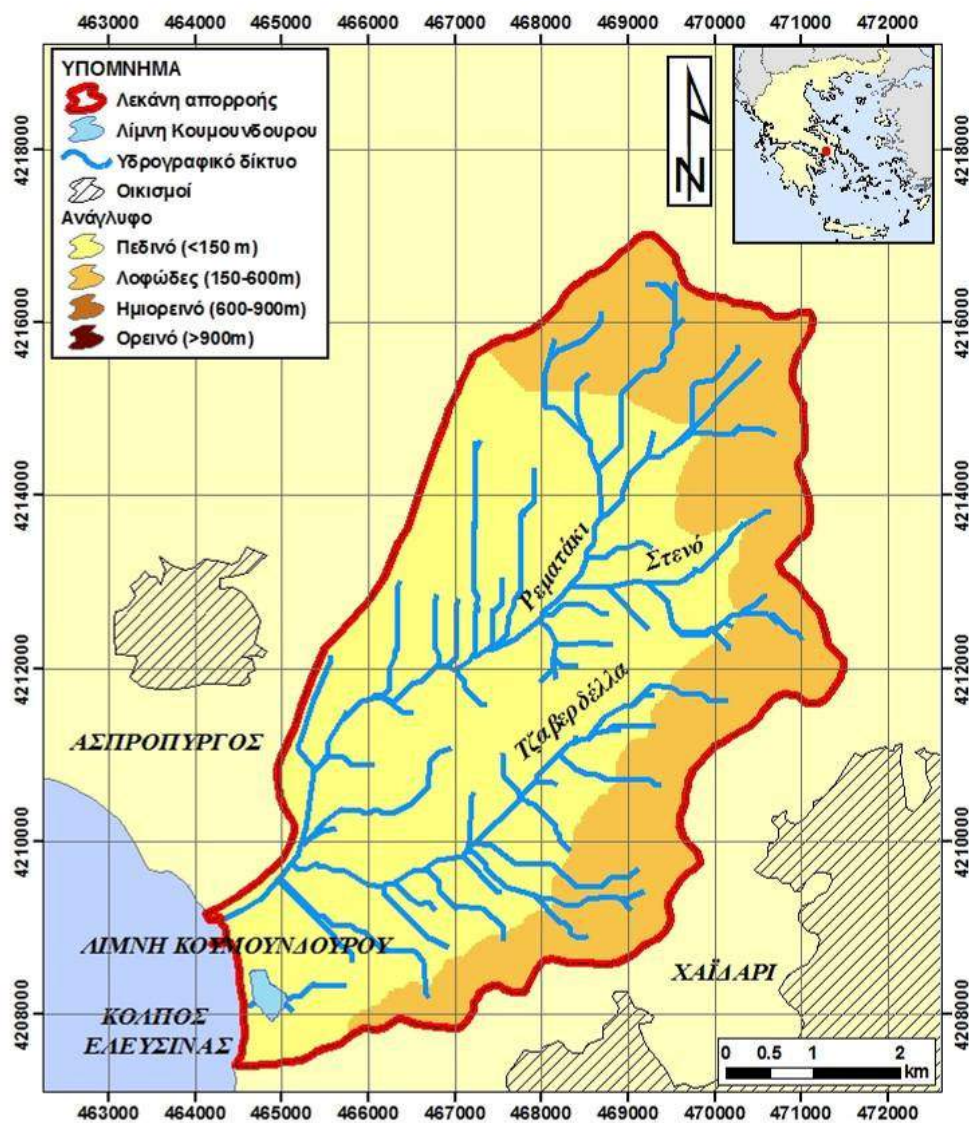
Η ταξινόμηση του μορφολογικού αναγλύφου της λεκάνης απορροής της λίμνης Κουμουνδούρου μπορεί να πραγματοποιηθεί με βάση το σύστημα του Dikau (1989). Σύμφωνα με αυτό, η περιοχή μελέτης διαχωρίζεται στα παρακάτω τμήματα:

- < 150 m: πεδινές περιοχές
- 150 - 600 m: λοφώδεις περιοχές.
- 600 - 900 m: ημιορεινές περιοχές, με βουνά και ψηλούς λόφους.
- > 900 m: ορεινές περιοχές.

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 3) παρατίθενται οι εκτάσεις της υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Κουμουνδούρου που αντιστοιχούν σε κάθε κλάση του μορφολογικού αναγλύφου. Παρατηρούμε ότι κατά κύριο λόγο το μορφολογικό ανάγλυφο χαρακτηρίζεται ως πεδινό (ποσοστό 65,3%) και δευτερευόντως λοφώδες (ποσοστό 34,7%), ενώ δεν συναντάται ημιορεινό ή ορεινό ανάγλυφο (Εικόνα 9).

**Πίνακας 3:** Έκταση των κλάσεων του μορφολογικού αναγλύφου

Υψόμετρο (m)	Χαρακτηρισμός	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Έκταση (%)
< 150	Πεδινό	25,5	65,3%
150-600	Λοφώδεις	13,5	34,7%
600-900	Ημιορεινό	0,0	0,0%
> 900	Ορεινό	0,0	0,0%
<b>Σύνολο</b>		<b>39,0</b>	<b>100,0%</b>



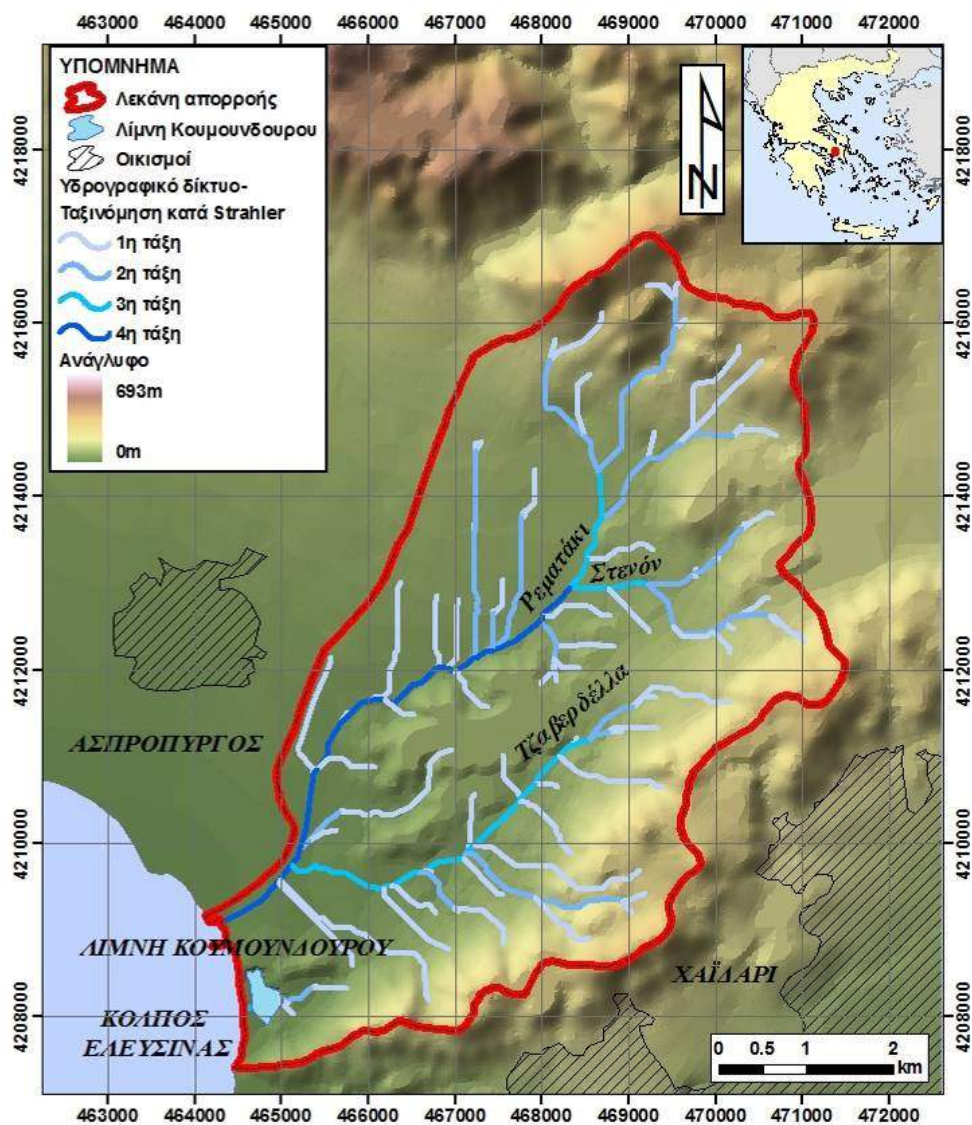
**Εικόνα 9:** Μορφολογικός χάρτης της λεκάνης απορροής της Λίμνης Κουμουνδούρου



### 3.5. Υδρογραφικό δίκτυο

Βασικό μορφογενετικό παράγοντα της περιοχής μελέτης αποτελούν τα ρέματα της περιοχής και ιδιαίτερα τα ρέματα Ρεματάκι, Τζαβερδέλλα και Στενόν.

Το υδρογραφικό δίκτυο είναι γενικά αραιό και απλό, με μικρούς συντελεστές διακλάδωσης, συχνότητας και πυκνότητας, ενώ είναι χαρακτηριστική η μη ύπαρξη ενεργούς κοίτης. Σε πολλά σημεία το υδρογραφικό δίκτυο χάνεται, γεγονός που υποδηλώνει την μεγάλη κατεΐσδυση.



**Εικόνα 10:** Υδρογραφική ανάλυση της λεκάνης απορροής της λίμνης Κουμουνδούρου κατά Strahler.

Τα ρέματα δεν εμφανίζουν συνεχή ροή, παρά μόνο σε περιόδους μεγάλων βροχοπτώσεων.

Από την ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης κατά Strahler προκύπτει ότι το βασικότερο ρέμα της περιοχής (ρέμα Ρεματάκι) είναι 4<sup>ης</sup> τάξης, ενώ τα ρέματα Τζαβερδέλλα και Στενόν είναι 3<sup>ης</sup> τάξης. Οι κλάδοι 4<sup>ης</sup> και 3<sup>ης</sup> τάξης έχουν διεύθυνση ροής από βορειοανατολικά / ανατολικά προς νοτιοδυτικά / δυτικά, ενώ οι κλάδοι 2<sup>ης</sup> και 1<sup>ης</sup> τάξης έχουν διεύθυνση ροής από βόρεια / βορειοανατολικά προς νότια / νοτιοδυτικά και βόρειο-βορειοδυτικά προς νότιο-νοτιοανατολικά (Εικόνα 10).

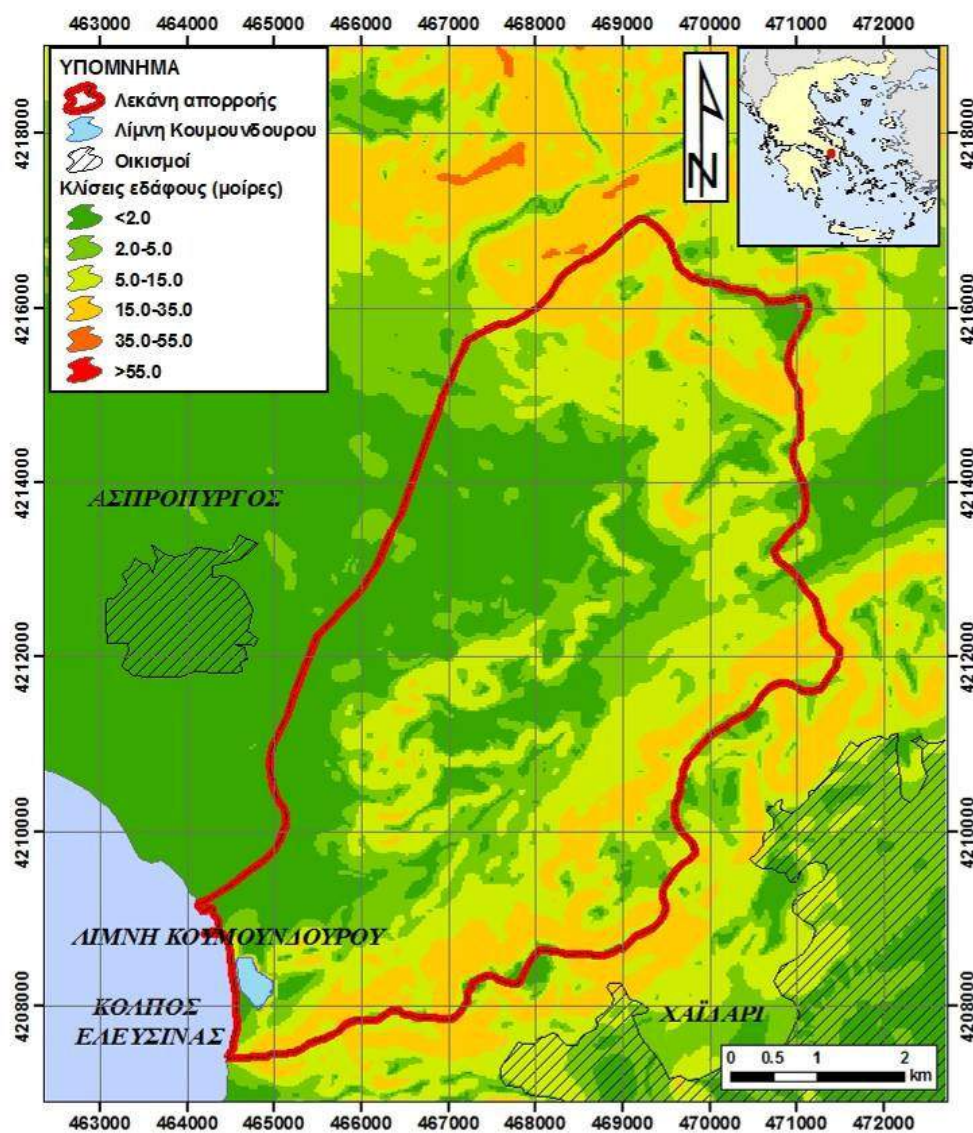
### 3.6. Κλίσεις εδαφών

Οι κλίσεις του εδάφους κυμαίνονται από 0° έως 34°, με μέση κλίση 6,8° (Εικόνα 11).

Αναφορικά με το μορφολογικό ανάγλυφο της υδρολογικής λεκάνης της Λίμνης Κουμουνδούρου, αυτό μπορεί να ταξινομηθεί με βάση το σύστημα της Διεθνούς Γεωγραφικής Εταιρίας (International Geographical Union/IGU) (Demek, 1972):

- **Κλίση εδάφους < 2°:** Επίπεδο έως ελαφρώς κεκλιμένο ανάγλυφο (πλημμυρικά πεδία, επιφάνειες επιπέδωσης, αναβαθμίδες). Έναρξη διάβρωσης τύπου καλύμματος.
- **Κλίση εδάφους 2-5°:** Ελαφρώς κεκλιμένο ανάγλυφο (πρόποδες κοιλάδων, περιοχές τελικών μοραίων, κλιτύες θινών). Διάβρωση καλύμματος και έναρξη αυλακωτής διάβρωσης. Μέτρα προστασίας του εδάφους στις καλλιεργούμενες περιοχές. Προτεινόμενη η καλλιέργεια κατά ισοψείς.
- **Κλίση εδάφους 5-15°:** Ισχυρώς κεκλιμένο ανάγλυφο (κλιτύες κοιλάδων, τεκτονικές αναβαθμίδες). Κινήσεις μαζών, ισχυρή διάβρωση τύπου καλύμματος και αυλακωτή, με έντονες διαβρωτικές διεργασίες. Πιθανές ολισθήσεις εδάφους και ερπυσμός. Στις 15° βρίσκεται η κρίσιμη γωνία για το σχηματισμό πλήρους εδαφικού ορίζοντα. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες συναντούν ιδιαίτερες δυσκολίες, ενώ η καλλιέργεια είναι αδύνατη χωρίς την χρήση αναβαθμίδων.
- **Κλίση εδάφους 15-35°:** Απότομο έως εξαιρετικά απότομο ανάγλυφο (κλιτύες κοιλάδων μεσαίων ορέων). Έντονες διεργασίες απογύμνωσης, ερπυσμοί εδαφών, λασποροές, έντονη αυλακωτή και γραμμική διάβρωση. Διάβρωση τόσο σε γυμνές όσο και σε δασικές περιοχές. Αδύνατη η καλλιέργεια, δύσκολη η υλοτομία. Στις κλίσεις αυτές ανήκουν οι περιοχές των δασών.

- **Κλίση 35-55°:** Απόκρημνο ανάγλυφο. Πολύ λεπτό ασυνεχές στρώμα εδάφους, έντονη απογύμνωση του μητρικού πετρώματος, ισχυρότατη έκθεση στους παράγοντες της διάβρωσης και της βαρύτητας. Αδύνατη προσπέλαση, περιοχή δασών και οριακή εκμετάλλευση της υλοτομίας.
- **Κλίση > 55°:** Κάθετο ανάγλυφο. Απουσία εδάφους. Απογύμνωση πετρωμάτων και κατάρρευση βράχων. Αδυναμία οικονομικής εκμετάλλευσης.



**Εικόνα 11:** Χάρτης κλίσεων της ευρύτερης περιοχής της υδρολογικής λεκάνης της Λίμνης Κουμουνδούρου.

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 4) παρατίθενται οι εκτάσεις της υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Κουμουνδούρου που αντιστοιχούν σε κάθε κλάση των μορφολογικών κλίσεων. Παρατηρούμε ότι κατά κύριο λόγο επικρατεί το επίπεδο έως ελαφρώς κεκλιμένο ανάγλυφο (ποσοστό 30,7%) και το ισχυρώς κεκλιμένο ανάγλυφο (ποσοστό 32,9%), ενώ δεν συναντάται καθόλου απόκρημνο ή κάθετο ανάγλυφο.

**Πίνακας 4:** Έκταση των κλάσεων των μορφολογικών κλίσεων.

Κλίση (°)	Χαρακτηρισμός	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Έκταση (%)
0-2	Επίπεδο έως ελαφρώς κεκλιμένο ανάγλυφο	12,0	30,7%
2-5	Ελαφρώς κεκλιμένο ανάγλυφο	8,9	22,7%
5-15	Ισχυρώς κεκλιμένο ανάγλυφο	12,8	32,9%
15-35	Απότομο έως εξαιρετικά απότομο ανάγλυφο	5,4	13,8%
35-55	Απόκρημνο ανάγλυφο	0,0	0,0%
>55	Κάθετο ανάγλυφο	0,0	0,0%
<b>Σύνολο</b>		<b>39,0</b>	<b>100,0%</b>

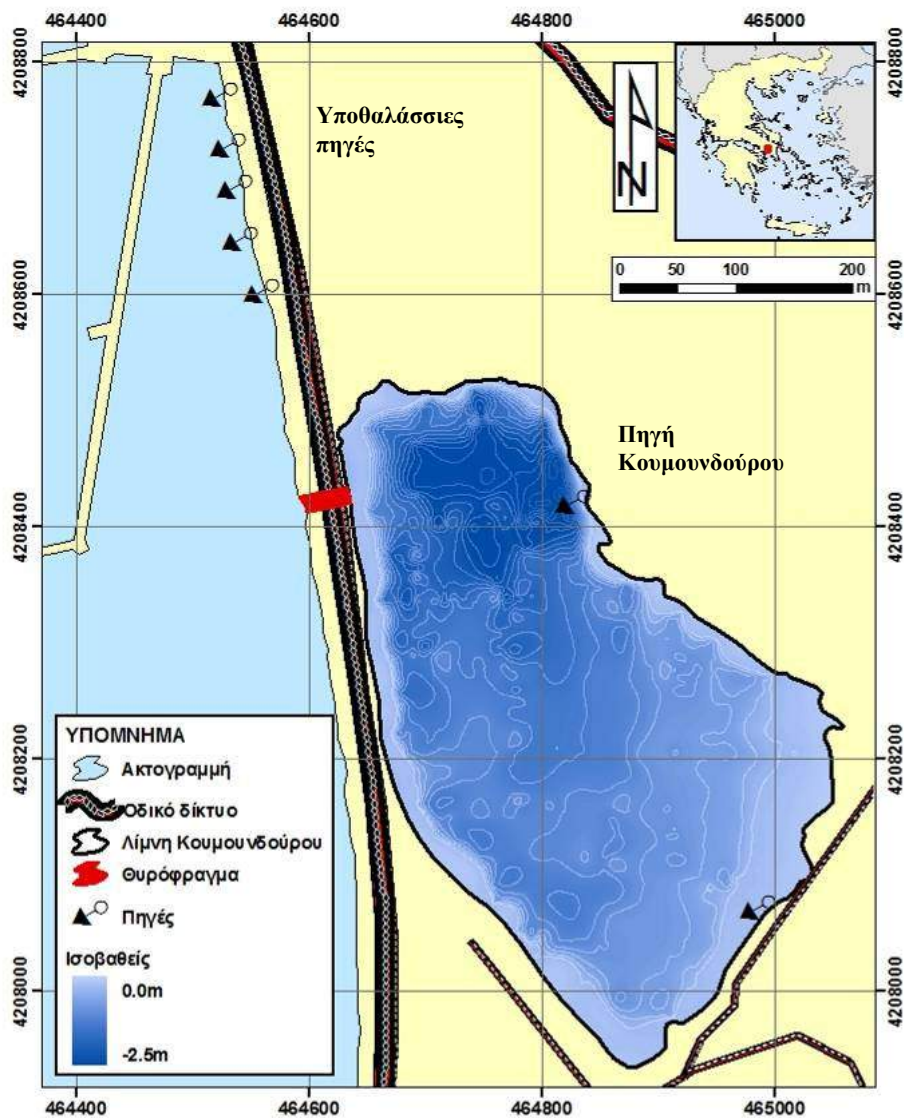
### 3.7. Λίμνη Κουμουνδούρου

Η λίμνη Κουμουνδούρου εντοπίζεται στο νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης απορροής της, πριν την έξοδο στον κόλπο της Ελευσίνας. Η διεύθυνση της λίμνης είναι περίπου βόρεια / βορειοδυτική - νότια / νοτιοανατολική, ενώ το μέγιστο μήκος της φθάνει τα 620 m και μέγιστο πλάτος της τα 400 m περίπου. Η έκταση της λίμνης είναι περίπου 146.500 m<sup>2</sup> και η περίμετρός της περίπου 1.680 m.

Το δυτικό όριο της λίμνης γειτνιάζει με τη θάλασσα, από την οποία διαχωρίζεται με την Εθνική Οδό Αθηνών - Κορίνθου. Η εκφόρτιση της λίμνης πραγματοποιείται μέσω ενός τσιμεντένιου αγωγού κάτω από την Εθνική Οδό βορειοδυτικά της λίμνης, με παροχές της τάξης των 30 m<sup>3</sup>/h (Conides & Pargoua, 1997). Το θυρόφραγμα αυτό ελέγχει την παροχευτικότητα του νερού από τη λίμνη προς τη θάλασσα και συνεπώς τη στάθμη της λίμνης. Μετά από πρόταση του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών για την προστασία της λίμνης από εισερχόμενα ρυπαντικά φορτία, από το 1994 και μετά η παροχευτικότητα στο θυρόφραγμα σταδιακά μειώθηκε με συνέπεια τη ανύψωση της στάθμης της λίμνης κατά 20 cm (Koutsomitros et al., 2001).

Η τροφοδοσία της λίμνης πραγματοποιείται από καρστικές πηγές βορειοανατολικά και νοτιοανατολικά (πηγές Σουλίου), οι οποίες αποφορτίζουν τους ασβεστολιθικούς ορεινούς όγκους των νότιων απολήξεων του όρους Πάρνηθας και του Αιγάλεω όρους αντίστοιχα (Παρασχούδης, 2002).

Η λίμνη είναι ρηχή με βάθος που φθάνει τα -2,6 m και μέσο βάθος 1,0 m (Εικόνα 12). Τα μεγαλύτερα βάθη εντοπίζονται βορειοανατολικά της λίμνης, όπου εντοπίζονται και οι κύριες πηγές τροφοδοσίας της.



**Εικόνα 12:** Χάρτης ισοβαθών της λίμνης Κουμουνδούρου (Ζαχαρίας κ.α., 2003, Mimides Th. & Pylarinou A., 2008).

### 3.8. Γεωλογική και τεκτονική δομή της περιοχής μελέτης

#### 3.8.1. Γεωλογία της υδρολογικής λεκάνης της Λίμνης Κουμουνδούρου

Η υπό μελέτη υδρολογική λεκάνη εντοπίζεται στο νοτιοανατολικό περιθώριο του Θριάσιου πεδίου, το οποίο είναι μία νεοτεκτονική λεκάνη πληρωμένη από μεταλλικά ιζήματα και το οποίο περιβάλλεται από αλπικούς σχηματισμούς της Υποπελαγονικής ενότητας (Ι.Γ.Μ.Ε., φύλλο Αθήναι - Ελευσίς).

Πιο συγκεκριμένα, η υδρολογική λεκάνη της Λίμνης Κουμουνδούρου δομείται από τους ακόλουθους σχηματισμούς (Εικόνα 13, Πίνακας 5):

##### i) Μεταλλικοί σχηματισμοί

Το πεδινό τμήμα της υπό μελέτη περιοχή καλύπτεται από μεταλλικά ιζήματα (ολοκαινικούς, πλειστοκαινικούς και νεογενείς σχηματισμούς).

##### - Αλλουβιακές προσχώσεις (Ολόκαινο)

Στην περιοχή νοτιοδυτικά, κοντά στην θάλασσα συναντώνται αλλουβιακές προσχώσεις και αργιλοαμμώδη υλικά τεναγών και παραλιακών περιοχών, ενώ αλλουβιακές προσχώσεις συναντώνται και στην περιοχή βορειοδυτικά της υδρολογικής λεκάνης της Λίμνης Κουμουνδούρου. Οι σχηματισμοί αυτοί αποτελούνται από ασβεστολιθικά τεμάχια με ερυθροκάστανο αργιλοψαμμιτικό υλικό και ερυθρή άργιλο. Το ποσοστό συμμετοχής των αδρομερών υλικών είναι μεγαλύτερο συγκριτικά με τις περιοχές στο κεντρικό τμήμα του Θριάσιου πεδίου.

##### - Κώνοι κορημάτων (Ολόκαινο)

Στο βορειοανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης, στις απολήξεις του όρους Πάρνηθα, συναντώνται κώνοι κορημάτων και πλευρικά κορήματα, τα οποία καλύπτουν τις πλαγιές των ανθρακικών σχηματισμών και τα οποία αποτελούνται από ασύνδετα ή μικρής συνεκτικότητας υλικά.

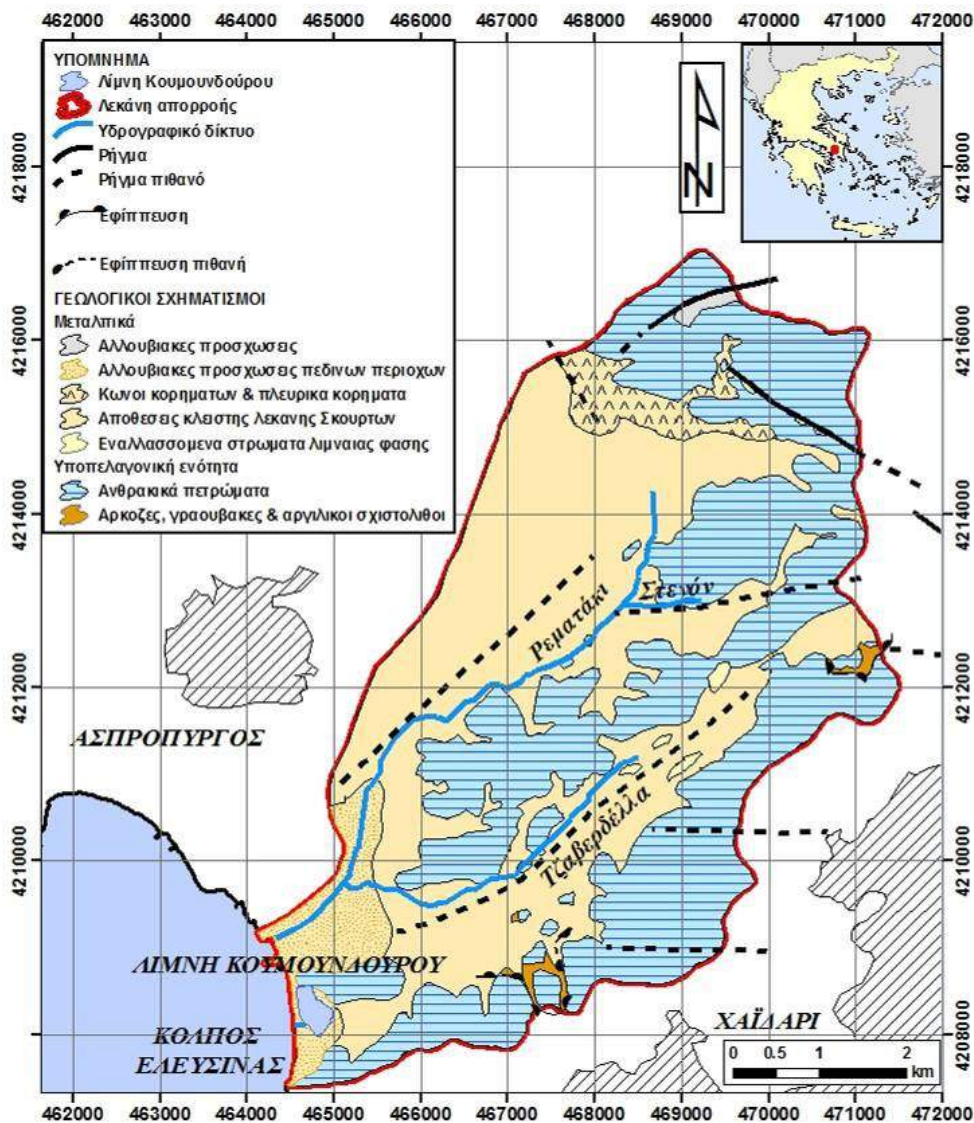
##### - Αποθέσεις κλειστής λεκάνης Σκούρτων (Πλειστόκαινο)

Σε μεγάλο ποσοστό (επιφανειακή κάλυψη 45,2%) το πεδινό τμήμα της υπό μελέτη περιοχής καλύπτεται από τις πλειστοκαινικές αποθέσεις της κλειστής λεκάνης Σκούρτων. Πρόκειται για αργιλοαμμώδη υλικά με ασβεστιτικά συγκρίματα και διάσπαρτες κροκαλολατύπες, μικρής

συνεκτικότητας και καστανοκόκκινου χρώματος. Το πάχος των σχηματισμών αυτών είναι 30 m περίπου.

- **Ιζήματα λιμναίας φάσης (Νεογενές)**

Τέλος, στην περιοχή μελέτης συναντώνται διάσπαρτες εμφανίσεις νεογενών σχηματισμών, αποτελούμενα από εναλλασσόμενα στρώματα λιμναίας φάσης, μαργών, αργίλων και ψαμμιτών, με παρεμβολές κροκαλοπαγών. Προς τα επάνω εξελίσσονται σε χερσαίους σχηματισμούς, κυρίως ερυθροπηλούς και κροκαλοπαγή.



Εικόνα 13: Γεωλογικός χάρτης της υδρολογικής λεκάνης της Λίμνης Κουμουνδούρου.

**Πίνακας 5:** Κατανομή των γεωλογικών σχηματισμών στην υδρολογική λεκάνη της Λίμνης Κουμουνδούρου.

Γεωλογικοί σχηματισμοί	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Έκταση (%)
<b>Μεταλλικοί σχηματισμοί</b>		
Αλλουβιακές προσχώσεις (Ολόκαινο)	0,1	0,3%
Αλλουβιακές προσχώσεις πεδινών περιοχών (Ολόκαινο)	2,0	5,2%
Κώνοι κορημάτων & πλευρικά κορήματα (Ολόκαινο)	1,2	3,0%
Αποθέσεις κλειστής λεκάνης Σκουρτων (Πλειστόκαινο)	17,6	45,2%
Εναλλασσόμενα στρώματα λιμναίας φάσης, μαργών, αργίλων, ψαμμιτών (Νεογενές)	0,2	0,4%
<b>Υποπελαγονική ενότητα</b>		
Ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι, δολομίτες (μέσο Τριαδικό-αν. Ιουρασικό)	17,7	45,3%
Αρκοζες, γραουβακες & αργιλικό σχιστόλιθοι (Νεοπαλαιοζωικό)	0,2	0,6%
<b>Σύνολο</b>	<b>39,0</b>	<b>100,0%</b>

**ii) Υποπελαγονική ενότητα**

Πρόκειται για σχηματισμούς που δομούν τους ορεινούς όγκους που περιβάλλουν την υπό μελέτη περιοχή και τους λόφους στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης (Κάστρο Ζάστανη). Πιο συγκεκριμένα, συναντώνται ανθρακικοί σχηματισμοί του μέσου Τριαδικού - κατώτερου Ιουρασικού και η υποκείμενη περμοτριάδική ακολουθία.

**- Ανθρακικοί σχηματισμοί (μέσο Τριαδικό - κατ. Ιουρασικό)**

Οι ανθρακικοί σχηματισμοί (Ι.Γ.Μ.Ε., φύλλο Αθήναι - Ελευσίς, κλίμακα 1:50.000) είναι ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες, ανοικτότεφροι και μερικές φορές σκοτεινότεφροι, μεσοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις και κατά θέσεις άστρωτοι, έντονα κερματισμένοι, μικροκρυσταλλικοί και κατά θέσεις κρυσταλλικοί. Στη βάση τους είναι τοπικά λεπτοστρωματώδεις και έχουν χρώμα τεφρόμαυρο ή κόκκινο. Το πάχος των σχηματισμών αυτών ποικίλει και τοπικά φθάνει μέχρι τα 700 m.

Βασικό χαρακτηριστικό των σχηματισμών αυτών είναι η εμφάνιση μεγάλων καρστικών μορφών, κυρίως σπηλαίων και εγκοίλων, καθώς και η παρουσία καρστικών πηγών.



### - Περμοτριάδική ακολουθία

Η περμοτριάδική ακολουθία αποτελείται από αρκόζες, γραουβάκες και αργιλικούς σχιστόλιθους, οι οποίοι βρίσκονται κατά τόπους σε εναλλαγές με χαλαζιακά κροκαλοπαγή. Μέσα σε αυτά συναντώνται φακοειδείς ενστρώσεις απολιθωματοφόρων ασβεστολίθων (πάχος έως 200 m). Η κλαστική αυτή σειρά μπορεί να είναι τοπικά ημιμεταμορφωμένη. Το συνολικό πάχος του σχηματισμού φθάνει τα 500 m περίπου.

### 3.8.2. Εδαφικοί σχηματισμοί της υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Κουμουνδούρου

Στο Θριάσιο πεδίο γενικά συναντώνται κυρίως αμμοαργιλώδους συστάσεως εδάφη με ασβεστολιθικές κροκάλες, ερυθροκάστανου έως καστανού χρώματος. Στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης επικρατούν τα αζωνικά και ζωνοεδάφη (ερυθρά και καφέ Μεσογειακά) εδάφη, ενώ στα όρια του πεδίου συναντώνται ενδοζωνοεδάφη (ασβεστομορφικά εδάφη - ρεντζίνες). Παραλιακά τέλος, συναντώνται πάλι ενδοζωνοεδάφη (αλατούχα, αλκαλιωμένα και υποβαθμισμένα αλκαλικά εδάφη, αλατομορφικά) (Καράμπελα, 1997).

Παρακάτω ακολουθεί η περιγραφή των εδαφών που συναντώνται στην περιοχή μελέτης, όπως αυτά προκύπτουν από τον Εδαφολογικό Χάρτη Γαιών του Υπουργείου Γεωργίας (κλίμακα 1:50.000). Οι σχηματισμοί κωδικοποιούνται με βάση το παρακάτω σύστημα:

A0B1-234-5-C6DE

όπου A0B1: περιγράφει γενικά τις γεωμορφολογικές συνθήκες, με το γράμμα να περιγράφει το μητρικό υλικό και ο αριθμός να περιγράφει τη φυσιολογία της περιοχής.

234: ο πρώτος αριθμός περιγράφει το βάθος του εδάφους, ο δεύτερος τη διάβρωση (χαραδρωτική) και ο τρίτος την κλίση.

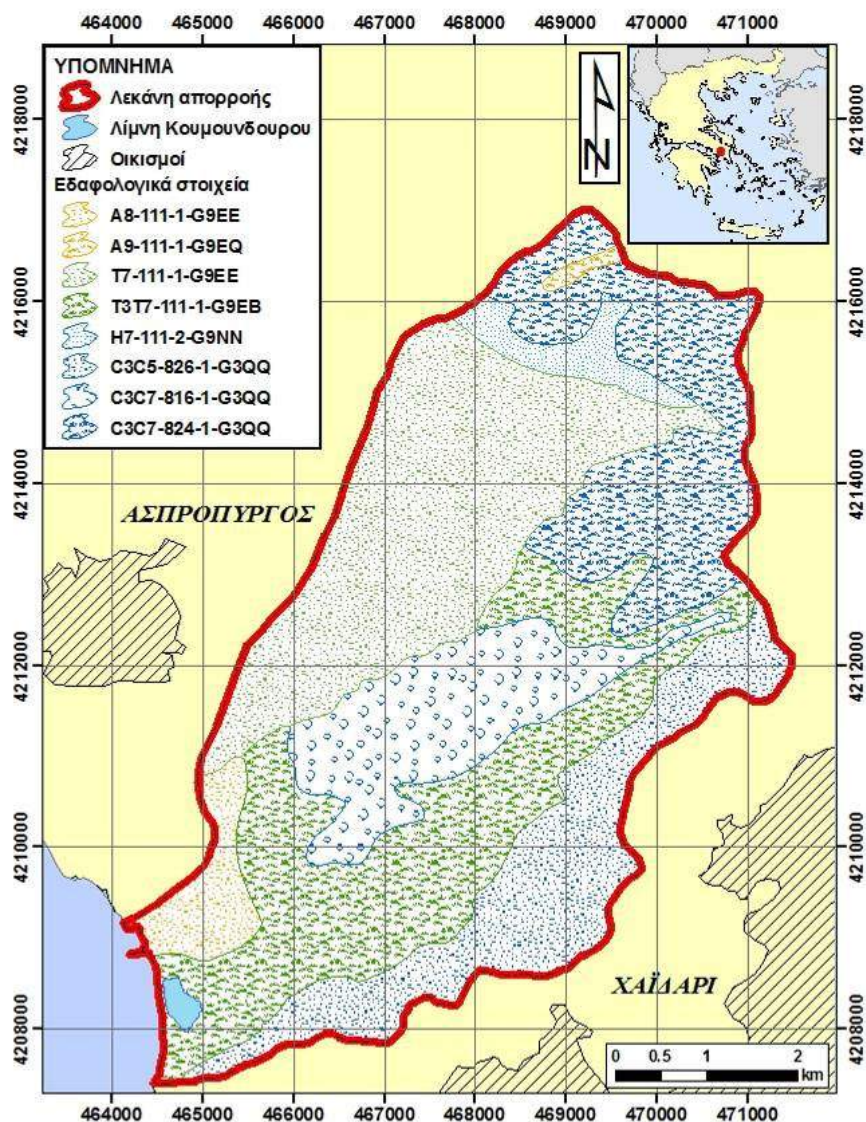
5: ο κωδικός αριθμός της κάρτας της χαρτογραφικής μονάδας που περιγράφει την κατανομή των τύπων γης.

C6DE: όπου το πρώτο γράμμα περιγράφει την οικολογική περιοχή, ο πρώτος αριθμός περιγράφει τον βαθμό ανθρωπογενούς επίδρασης στη φυσική βλάστηση και τα δύο τελευταία γράμματα περιγράφουν την έκθεση βλάστησης.

Με βάση τα παραπάνω, στην υδρολογική λεκάνη της λίμνης Κουμουνδούρου συναντώνται οι ακόλουθοι εδαφικοί σχηματισμοί (Εικόνα 14, Πίνακας 6):

- A8-111-1-G9EE: Αλλουβιακοί σχηματισμοί σε ανοικτή κοιλάδα. Εδάφη σε μεγάλο βάθος, χωρίς διάβρωση, με ελαφρές κλίσεις. Συναντάται καλλιεργημένη ζώνη αείφυλλων πλατύφυλλων. Αποτελούν επίπεδες εκτάσεις.
- A9-111-1-G9EQ: Αλλουβιακοί σχηματισμοί σε κλειστή κοιλάδα. Εδάφη σε μεγάλο βάθος, χωρίς διάβρωση, με ελαφρές κλίσεις. Συναντάται καλλιεργημένη ζώνη αείφυλλων πλατύφυλλων. Αποτελούν επίπεδες εκτάσεις με ποικίλες εκθέσεις στους ανέμους.
- T7-111-1-G9EE: Τριτογενείς αποθέσεις στο κάτω μέρος κλιτύων. Εδάφη σε μεγάλο βάθος, χωρίς διάβρωση, με ελαφρές κλίσεις. Συναντάται καλλιεργημένη ζώνη αείφυλλων πλατύφυλλων. Αποτελούν επίπεδες εκτάσεις.
- T3T7-111-1-G9EB: Τριτογενείς αποθέσεις στο κάτω μέρος κλιτύων και σε αποστρογγυλωμένες κορυφές. Εδάφη σε μεγάλο βάθος, χωρίς διάβρωση, με ελαφρές κλίσεις. Συναντάται καλλιεργημένη ζώνη αείφυλλων πλατύφυλλων. Αποτελούν επίπεδες εκτάσεις με βόρειες εκθέσεις στους ανέμους.
- H7-111-2-G9NN: Κολλούβια ασβεστολίθων στο κάτω μέρος κλιτύων. Εδάφη σε μεγάλο βάθος, χωρίς διάβρωση, με ελαφρές κλίσεις. Συναντάται καλλιεργημένη ζώνη αείφυλλων πλατύφυλλων. Νότιες εκθέσεις στους ανέμους.
- C3C5-826-1-G3QQ: Σκληροί ασβεστόλιθοι στο μέσο μέρος κλιτύων και σε αποστρογγυλωμένες κορυφές. Εδάφη και βράχος σε μικρό βάθος, χωρίς έως μέτρια διάβρωση και με μέτριες έως απότομες κλίσεις. Συναντάται ζώνη αείφυλλων πλατύφυλλων, με έντονο βαθμό ανθρωπογενούς επίδρασης στη φυσική βλάστηση. Ποικίλες εκθέσεις στους ανέμους.
- C3C7-816-1-G3QQ: Σκληροί ασβεστόλιθοι στο κάτω μέρος κλιτύων και σε αποστρογγυλωμένες κορυφές. Εδάφη και βράχος σε μικρό βάθος, χωρίς διάβρωση και με μέτριες έως απότομες κλίσεις. Συναντάται ζώνη αείφυλλων πλατύφυλλων, με έντονο βαθμό ανθρωπογενούς επίδρασης στη φυσική βλάστηση. Ποικίλες εκθέσεις στους ανέμους.
- C3C7-824-1-G3QQ: Σκληροί ασβεστόλιθοι στο κάτω μέρος κλιτύων και σε αποστρογγυλωμένες κορυφές. Εδάφη και βράχος σε μικρό βάθος, χωρίς έως μέτρια διάβρωση και με μέτριες έως

ελαφρές κλίσεις. Συναντάται ζώνη αείφυλλων πλατύφυλλων, με έντονο βαθμό ανθρωπογενούς επίδρασης στη φυσική βλάστηση. Ποικίλες εκθέσεις στους ανέμους.



**Εικόνα 14:** Εδαφολογικός χάρτης της υδρολογικής λεκάνης της Λίμνης Κουμουνδούρου (Υπουργείο Γεωργίας, 1985).

**Πίνακας 6:** Κατανομή των εδαφικών σχηματισμών στην υδρολογική λεκάνη της Λίμνης Κουμουνδούρου.

Κωδικός	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Έκταση (%)
A8-111-1-G9EE	1.4	3.7%
A9-111-1-G9EQ	0.2	0.4%
T7-111-1-G9EE	9.9	25.4%
T3T7-111-1-G9EB	9.4	24.0%
H7-111-2-G9NN	1.1	2.7%
C3C5-826-1-G3QQ	5.9	15.2%
C3C7-816-1-G3QQ	4.7	12.1%
C3C7-824-1-G3QQ	6.4	16.5%
	39.0	100.0%

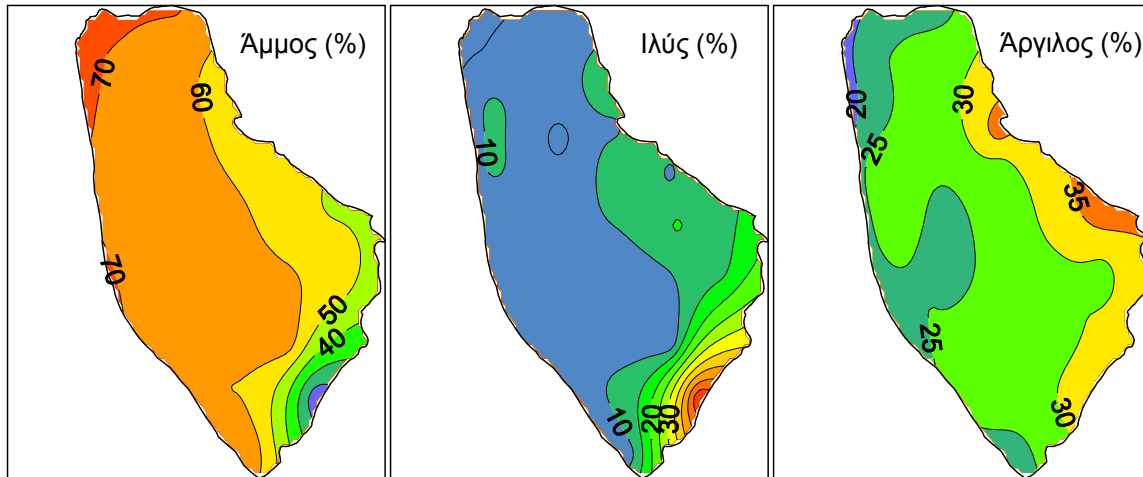
### 3.8.3. Πυθμένας της λίμνης Κουμουνδούρου

Με βάση τα αποτελέσματα δειγματοληπτικής έρευνας που έχει γίνει στο παρελθόν στον πυθμένα της Λίμνης Κουμουνδούρου προκύπτει ότι ο βυθός της λίμνης καλύπτεται από αργιλώδη άμμο και πηλό με αυξημένο ποσοστό οργανικού άνθρακα, τα οποία δημιουργούν ένα αδιαπέρατο στρώμα (Μιμίδης & Ρίζος, 2006).

Πιο συγκεκριμένα, η ποιότητα των επιφανειακών ιζημάτων της Λίμνης Κουμουνδούρου, ως προς το μέγεθος κόκκων χαρακτηρίζεται από μεγάλα ποσοστά άμμου, το οποίο κυμαίνεται από 12 έως 71%, με μέση τιμή 63%. Ως εκ τούτου η πλειονότητα των ιζημάτων χαρακτηρίζονται ως αργιλούχοι άμμοι.

Τα μεγαλύτερα ποσοστά άμμου παρατηρούνται στο βορειοδυτικό τμήμα της λίμνης. Το κεντρικό τμήμα χαρακτηρίζεται από ποσοστά άμμου μεταξύ 60-70%, ενώ το ανατολικό και νότιο μέρος της λίμνης καλύπτεται από σχετικά λιγότερο αμμώδη ιζήματα (Karageorgis et al., 2009, Ε.Κ.Θ.Ε., 2004, Εικόνα 15).

Το ποσοστό της ιλύος γενικά είναι πολύ μικρό (μέσος όρος 10%). Παρόλα αυτά, στο ανατολικό και νοτιοανατολικό τμήμα της λίμνης η ιλύς εμφανίζεται σχετικά αυξημένη. Η άργιλος κυμαίνεται μεταξύ 22 και 39%, με μέση τιμή 28%. Η κατανομή της φαίνεται αρκετά ομοιόμορφη, με μεγαλύτερα ποσοστά να εμφανίζονται στο ανατολικό και νοτιοανατολικό τμήμα της λίμνης (Ε.Κ.Θ.Ε., 2004, Εικόνα 15).



**Εικόνα 15:** Κατανομή (%) άμμου, ιλύος και αργίλου στα επιφανειακά ιζήματα της λίμνης Κουμουνδούρου (Ε.Κ.Θ.Ε., 2004).

Ως πηγές τροφοδοσίας σε κλαστικό υλικό (ιζήματα) της λίμνης Κουμουνδούρου πρέπει να θεωρηθούν μόνο μικρά ρυάκια και εποχιακοί χείμαρροι, που αποστραγγίζουν ασβεστολιθικά κατά βάση πετρώματα. Εξαιτίας του μικρού βάθους της λίμνης η μεταφορά και ταξινόμηση των ιζημάτων γίνεται αποκλειστικά από τον άνεμο. Η συγκέντρωση λεπτόκοκκου υλικού στα ανατολικό και νοτιοανατολικό τμήμα της λίμνης υποδηλώνει την επικράτηση βορειοδυτικών και βόρειων ανέμων. Σε αυτές τις περιοχές, ιδιαίτερα στην ανατολική πλευρά, υπάρχουν εκτεταμένες συστάδες καλαμιών, οι οποίες λειτουργούν σαν παγίδες του υλικού και δυσκολεύουν την μετακίνησή του (Ε.Κ.Θ.Ε., 2004).

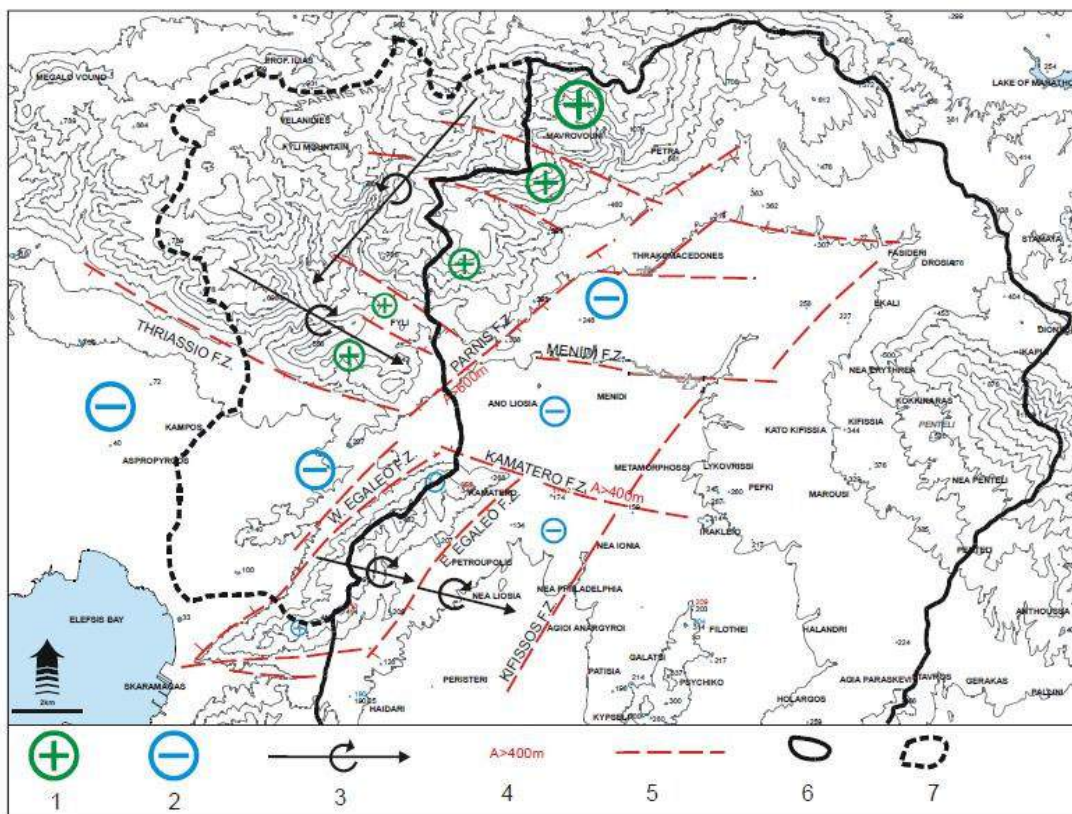
#### 3.8.4. Τεκτονική - νεοτεκτονική δομή - στοιχεία παλαιογεωγραφικής εξέλιξης

Η υδρολογική λεκάνη της λίμνης Κουμουνδούρου εντοπίζεται στο νοτιοανατολικό τμήμα της νεοτεκτονικής λεκάνης του Θριάσιου πεδίου, το οποίο είναι ένα τεκτονικό βύθισμα δυτικής / βορειοδυτικής - ανατολικής / νοτιοανατολικής διεύθυνσης. Το Θριάσιο πεδίο περιβάλλεται από τα τεκτονικά ράκη της Πάρνηθας βόρεια, του Αιγάλεω ανατολικά και τις απολήξεις του όρους Πατέρα δυτικά και οριοθετείται βόρεια από παράλληλα, κανονικά ρήγματα δυτικής / βορειοδυτικής - ανατολικής / νοτιοανατολικής διεύθυνσης (ρήγμα του Θριάσιου) και ανατολικά και δυτικά από ρήγματα βορειοανατολικής - νοτιοδυτικής διεύθυνσης.

Τα σημαντικότερα ρηξιγενή συστήματα που εντοπίζονται στην ευρύτερη περιοχή μελέτης είναι το ρηξιγενές σύστημα του Δυτικού Αιγάλεω - Πάρνηθας και το ρηξιγενές σύστημα του Θριάσιου - Καματερό (Mariolakos & Fountoulis, 2000) (Εικόνα 16).

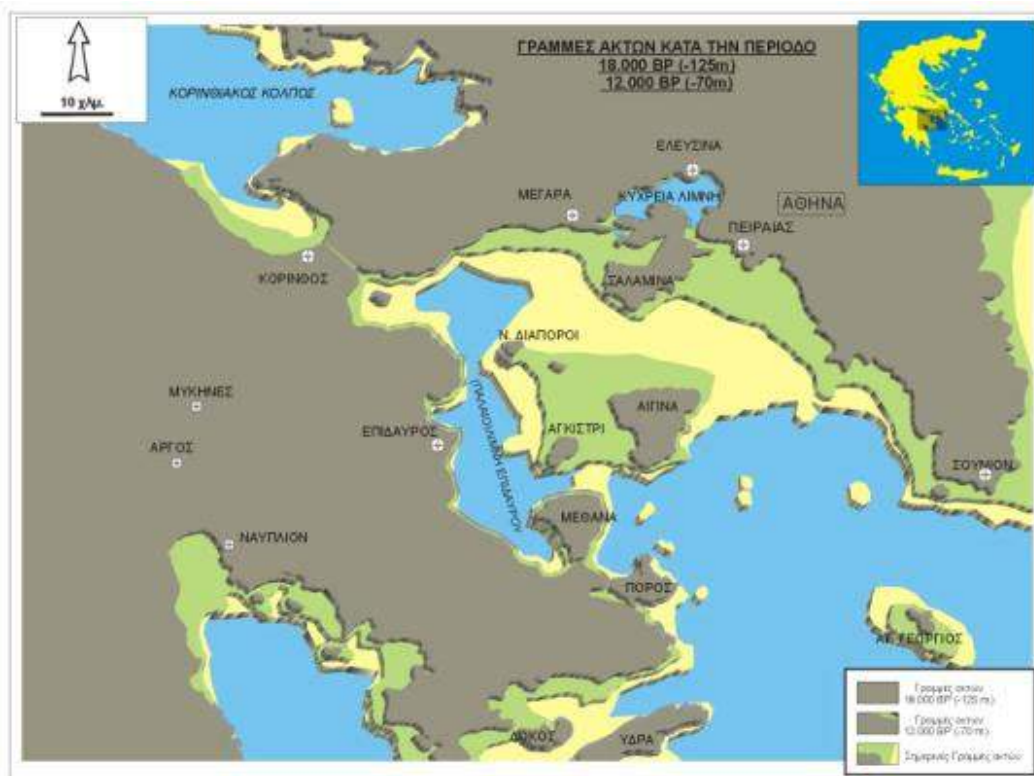
Το ρηξιγενές σύστημα του Αιγάλεω, το οποίο εντοπίζεται ανατολικά της περιοχής μελέτης ορίζει μία από τις σημαντικότερες τεκτονικές ζώνες ολίσθησης με βορειοανατολική - νοτιοδυτική διεύθυνση. Στην περίπτωση αυτή το ανατολικό τέμαχος (Πάρνηθα) ανυψώνεται συγκριτικά με το νότιο τέμαχος του ρηξιγενούς συστήματος (Θριάσιο πεδίο)

Το ρηξιγενές σύστημα του Θριάσιου έχει δυτική / βορειοδυτική - ανατολική / νοτιοανατολική διεύθυνση. Στην περίπτωση αυτή το νοτιοδυτικό τμήμα του Αιγάλεω όρους ανυψώνεται συγκριτικά με το βορειοανατολικό τμήμα του.



**Εικόνα 16:** Σχηματικός χάρτης στον οποίο φαίνονται οι κύριες ρηξιγενείς ζώνες του ευρύτερου χώρου της περιοχής μελέτης. 1. ανύψωση, 2. βύθιση, 3. άξονας περιστροφής, 4. εκτιμώμενο κατακόρυφο άλμα, 5. ρηξιγενής ζώνη, 6. υδροκρίτης λεκάνης Κηφισού π., 7. υδροκρίτης λεκάνης ρέματος Αγ. Γεωργίου (Mariolakos & Fountoulis, 2000).

Στην ευρύτερη περιοχή μελέτης έχουν δράσει δύο τεκτονικές φάσεις, μία κατά το μέσο - ανώτερο Ηώκαινο και μία κατά το μέσο Μειόκαινο. Οι φάσεις αυτές επηρέασαν σημαντικά τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής, καθώς διαμόρφωσαν καρστικά συστήματα στους ανθρακικούς σχηματισμούς του μέσου Τριαδικού - κατώτερου Ιουρασικού, ανάλογα με τα εκάστοτε "επίπεδα βάσης". Κατά της τελευταίας τεκτονικής φάσης του μέσου Μειοκαίνου δημιουργήθηκαν τεκτονικά κέρατα και βυθίσματα, ένα από τα οποία είναι και το Θριάσιο πεδίο. Μετά και από τη δράση των ευστατικών κινήσεων του Τεταρτογενούς, το καρστικό σύστημα της ευρύτερης περιοχής μελέτης εντοπίζεται σε βάθη μέχρι -60 m.



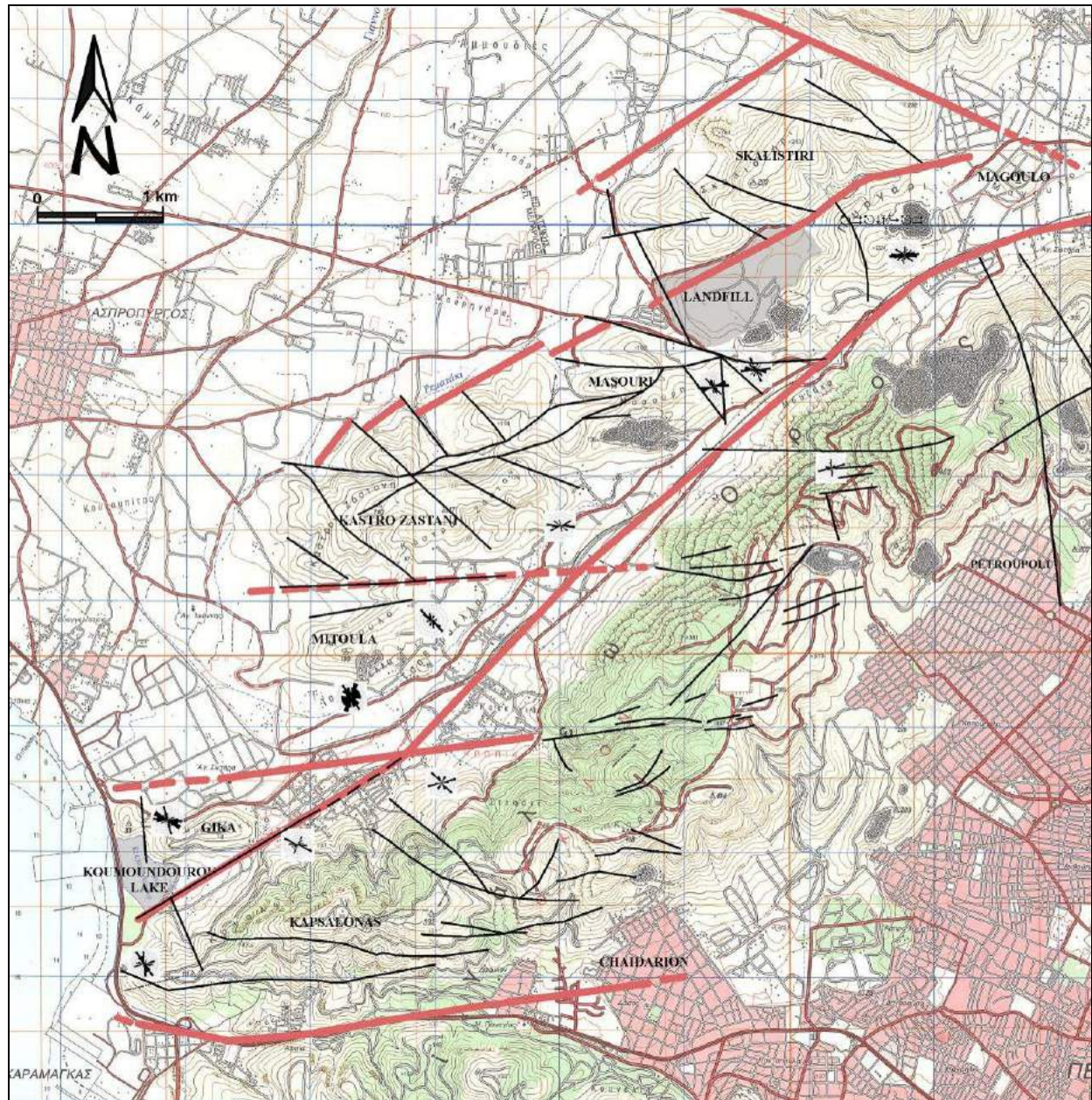
**Εικόνα 17:** Οι ακτογραμμές στον ευρύτερο χώρο του σημερινού Σαρωνικού κατά την περίοδο 18.000 B.P. (-125m.) και 12.000 B.P. (-70m.) (B.P. = Before Present = πριν από σήμερα = π.α.σ.) (Μαριολάκος & Θεοχάρης, 2001).

Κατά το τέλος της τελευταίας παγετώδους περιόδου (πριν 18.000 χρόνια - μέγιστο παγετώδους περιόδου) υπολογίζεται ότι η στάθμη της θάλασσας βρισκόταν 125 m πιο χαμηλά, με αποτέλεσμα η μορφολογία της περιοχής να ήταν εντελώς διαφορετική από τη σημερινή. Στη περιοχή υπήρχαν

κλειστές υδρολογικές λεκάνες, με σημαντικότερη την Κυχρεία λίμνη, η οποία εξελίχθηκε στον σημερινό κόλπο της Ελευσίνας. Με τις κλιματικές αλλαγές που ακολούθησαν και την άνοδο της θερμοκρασίας η στάθμη της θάλασσας ανέβηκε σταδιακά με συνέπεια τη διαμόρφωση των ακτογραμμών στη σημερινή τους μορφή (Μαριολάκος & Θεοχάρης, 2001, Εικόνα 17).

Η στενή περιοχή μελέτης οριοθετείται από κανονικά ρήγματα με διεύθυνση βορειοανατολική - νοτιοδυτική και διεύθυνση κλίσης προς βορειοδυτικά. Η διεύθυνση των ρηγμάτων αυτών ταυτίζεται με τη διεύθυνση των σημαντικότερων ρεμάτων της περιοχής (ρέματα Ρεματάκι και Τζαβερδέλλα), ενώ και το ρέμα Στενόν αναπτύσσεται παράλληλα προς ρήγμα διεύθυνσης δυτικής - βορειοανατολικής / ανατολικής - νοτιοδυτικής. Η διεύθυνση των ρηγμάτων αυτών ταυτίζεται με τη γενικότερη διεύθυνση των ρηγμάτων του ανατολικού περιθωρίου του Θριάσιου πεδίου (σύστημα ρηγμάτων Αιγάλεω όρους βορειοανατολικής - νοτιοδυτικής διεύθυνσης και διεύθυνση κλίσης προς βορειοδυτικά), ενώ βόρεια η διεύθυνση των ρηγμάτων είναι βορειοδυτική - νοτιοανατολική και ταυτίζεται με τη γενικότερη διεύθυνση των ρηγμάτων του βόρειου περιθωρίου του Θριάσιου πεδίου (σύστημα ρηγμάτων Θριάσιου πεδίου δυτικής - βορειοδυτικής / ανατολικής - νοτιοανατολικής διεύθυνσης και διεύθυνσης κλίσης προς νότιο - νοτιοδυτικά) (Εικόνα 18).





**Εικόνα 18:** Τεκτονικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής Λίμνης Κουμουνδούρου. Έντονες κόκκινες γραμμές: κύριες ζώνες ρηγμάτωσης, λεπτές μαύρες γραμμές: ρήγματα (Ε.Κ.Θ.Ε., 2003).

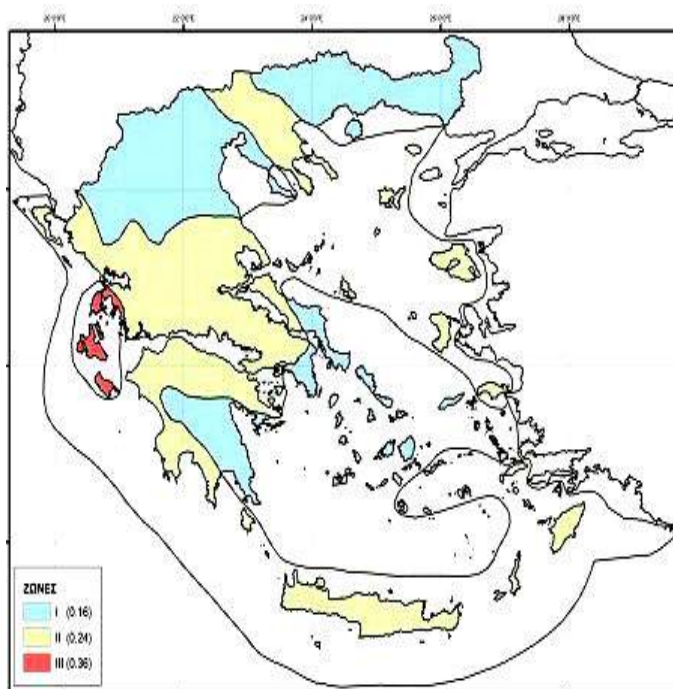
### 3.8.5. Σεισμοτεκτονικό πλαίσιο

Η περιοχή μελέτης ανήκει στην Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας ΙΙ σύμφωνα με τον σχετικό χάρτη και τον αναθεωρημένο Αντισεισμικό Κανονισμό (Εικόνα 19). Η εν λόγω περιοχή έχει επιτάχυνση σχεδιασμού  $a=0,24$  και η σεισμική επιτάχυνση εδάφους προκύπτει ως εξής:

$$A = a * g,$$

όπου:  $a$ =η επιτάχυνση σχεδιασμού και  $g$ = η επιτάχυνση της βαρύτητας.

Επομένως, η σεισμική επιτάχυνση εδάφους στην περιοχή μελέτης είναι:  $A = 0,24 * 9,81 \text{ m/sec}^2 = 2,35 \text{ m/sec}^2$ .

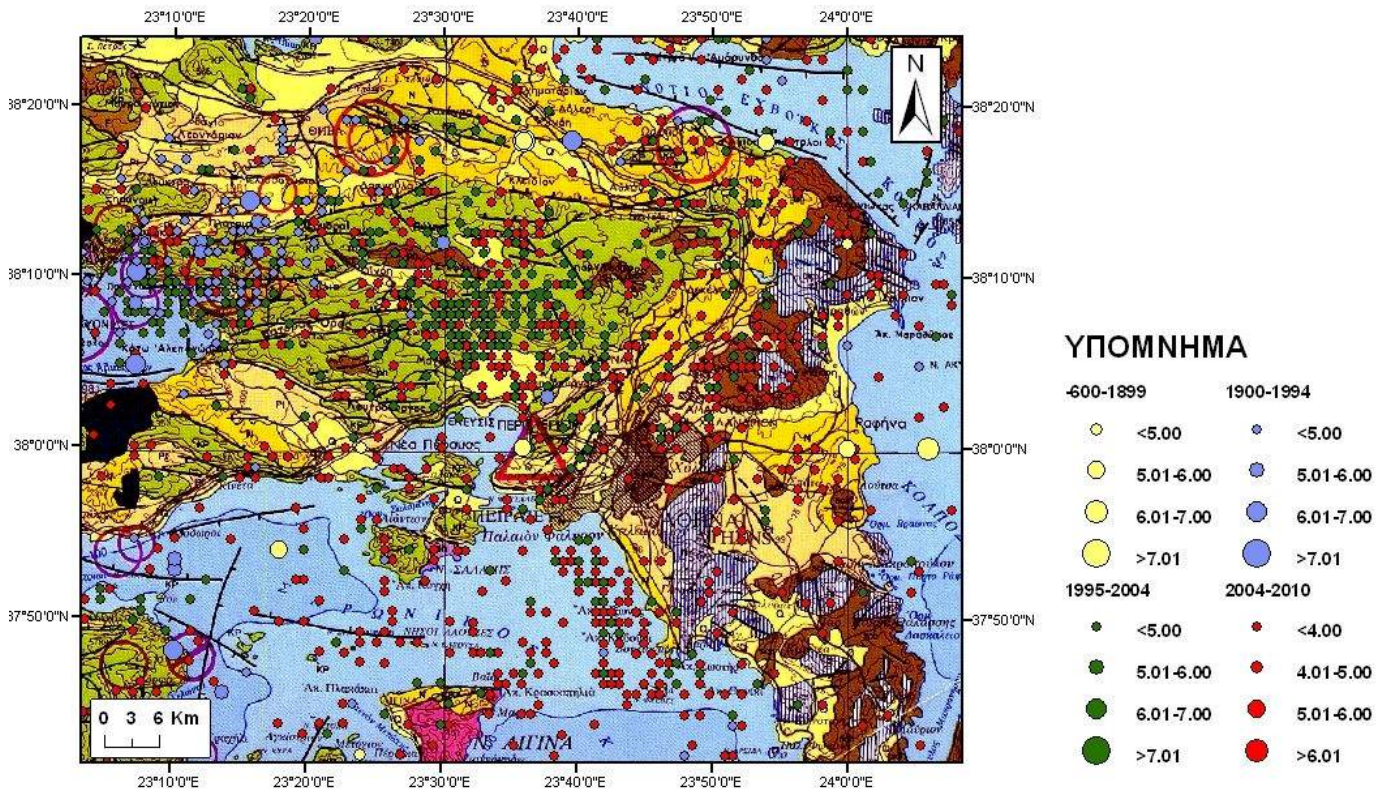


**Εικόνα 19:** Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας για τον Ελληνικό χώρο (Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας, 2004).

Τα εδάφη της περιοχής ως προς την σεισμική επικινδυνότητα που παρουσιάζουν, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Αντισεισμικού Κανονισμού κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες (Πίνακας 7):

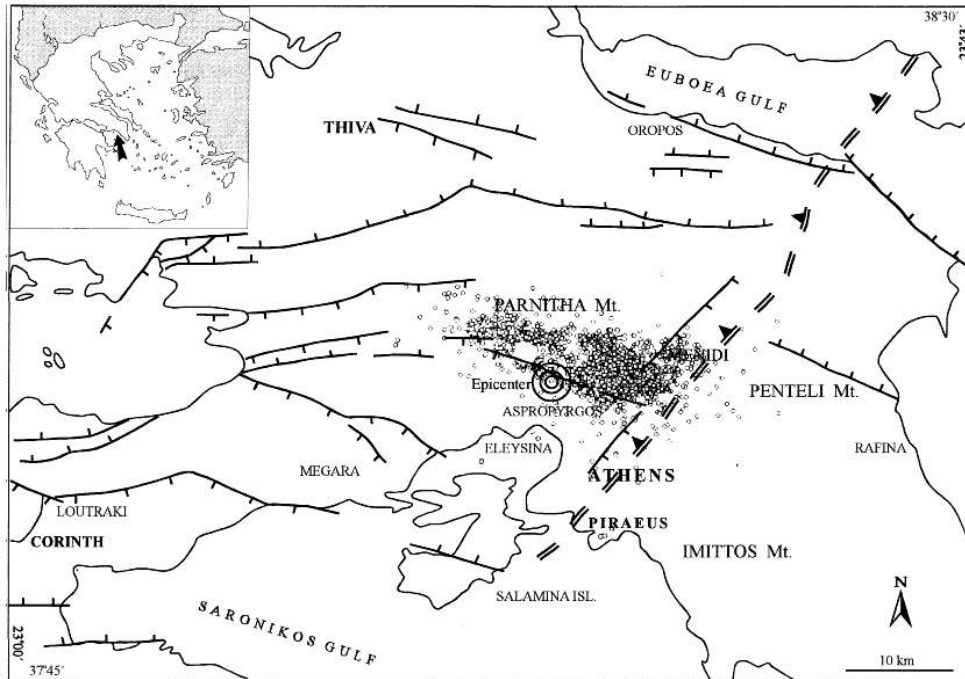
**Πίνακας 7:** Κατηγορίες εδάφους σύμφωνα με τον αντισεισμικό κανονισμό στην περιοχή μελέτης.

Γεωλογικοί σχηματισμοί	Κατηγορίες Εδάφους
<b>Μεταλλικοί σχηματισμοί</b>	
Αλλουβιακές προσχώσεις (Ολόκαινο)	Γ ή Χ (σε συνθήκες κορεσμού, μεγάλων κλίσεων ή κοντά σε ρήγματα)
Αλλουβιακές προσχώσεις πεδινών περιοχών (Ολόκαινο)	Γ ή Χ (σε συνθήκες κορεσμού, μεγάλων κλίσεων ή κοντά σε ρήγματα)
Κώνιοι κορημάτων & πλευρικά κορήματα (Ολόκαινο)	Γ ή Χ (σε συνθήκες κορεσμού, μεγάλων κλίσεων ή κοντά σε ρήγματα)
Αποθέσεις κλειστής λεκάνης Σκουρτων (Πλειστόκαινο)	Γ ή Χ (σε συνθήκες κορεσμού, μεγάλων κλίσεων ή κοντά σε ρήγματα)
Εναλλασσόμενα στρώματα λιμναίας φάσης, μαργών, αργίλων, ψαμμιτών (Νεογενές)	Δ ή Χ (σε συνθήκες κορεσμού, μεγάλων κλίσεων ή κοντά σε ρήγματα)
<b>Υποελαγονική ενότητα</b>	
Ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι, δολομίτες (μέσο Τριαδικό-αν. Ιουρασικό)	Α ή Β (ανάλογα με τον βαθμό αποσάθρωσης)
Αρκοζες, γραυβακες & αργίλοι σχιστόλιθοι (Νεοπαλαιοζωικό)	Γ ή Χ (σε συνθήκες κορεσμού, μεγάλων κλίσεων ή κοντά σε ρήγματα)



**Εικόνα 20:** Επίκεντρα σεισμικών γεγονότων της ευρύτερης περιοχής μελέτης (αρχείο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, ως υπόβαθρο χρησιμοποιήθηκε ο Σεισμοτεκτονικός Χάρτης Ελλάδας, Ι.Γ.Μ.Ε.).

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης είναι ιδιαίτερος σεισμογενής όπως προκύπτει και από την γεωγραφική κατανομή των epicenters των καταγεγραμμένων σεισμικών γεγονότων (Εικόνα 20). Τα περισσότερα από τα πρόσφατα epicenters αφορούν μετασεισμούς του σημαντικού και καταστροφικού σεισμού που έπληξε την Αττική στις 7 Σεπτεμβρίου 1999 (14:56 τοπική ώρα), ο οποίος είχε μέγεθος 5,9 της κλίμακας Ρίχτερ. Το epicenter του συγκεκριμένου σεισμού εντοπίστηκε στην περιοχή της Πάρνηθας, 6 km περίπου βορειοανατολικά από την περιοχή μελέτης. Ο σεισμός αυτός συνδέεται με το σύστημα ρηγμάτων Θριάσιου πεδίου και η έντασή του έφτασε μέχρι το ΙΧ της κλίμακας Mercalli στη βορειοδυτική περιοχή του λεκανοπεδίου της Αθήνας. Στην ευρύτερη περιοχή παρατηρήθηκαν φαινόμενα εδαφικής αστάθειας και πτώσεις βράχων, ενώ η μετασεισμική δραστηριότητα συνεχίστηκε για αρκετούς μήνες (Εικόνα 21).



**Εικόνα 21:** Χάρτης epicenters της σεισμικής ακολουθίας του 1999 (δεδομένα από το Εργαστήριο Γεωφυσικής, Πανεπιστήμιο Αθηνών) και οι μεγάλες τεκτονικές δομές της ευρύτερης περιοχής (Lekkas, 2001).

Στην ευρύτερη περιοχή μελέτης έχουν παρατηρηθεί και άλλα σεισμικά γεγονότα με σημαντικές ζημιές και σοβαρές επιπτώσεις στον κοινωνικό ιστό. Πιο συγκεκριμένα, στις 20 Ιουλίου 1938 σεισμός έπληξε κυρίως την περιοχή του Ωρωπού και σημειώθηκαν κατολισθήσεις, μικρορωγμές στο έδαφος και

φαινόμενα ρευστοποίησης, ενώ στις 24 Φεβρουαρίου 1981 σεισμός στις Πλαταιές με μέγιστη ένταση (IX+) είχε ως αποτέλεσμα στην επιφανειακή εκδήλωση του σεισμογόνου ρήγματος.

### 3.9. Υδρογεωλογικό καθεστώς

Οι σημαντικότεροι λιθολογικοί σχηματισμοί, οι οποίοι δομούν την υπό μελέτη λεκάνη απορροής είναι οι μεταλπικοί και ασβεστολιθικοί σχηματισμοί. Οι σχηματισμοί αυτοί, ανάλογα με τα υδρολιθολογικά τους χαρακτηριστικά, μπορούν να διαχωριστούν σε υδροπερατούς, ημιπερατούς και αδιαπέρατους σχηματισμούς.

Στην υπό μελέτη υδρολογική λεκάνη συναντώνται (Εικόνα 22):

- Οι αλλουβιακές προσχώσεις και τα αργιλοαμμώδη υλικά των παραλιακών και βορειοανατολικών περιοχών.

Οι σχηματισμοί αυτοί χαρακτηρίζονται στο σύνολό τους περατοί έως ημιπερατοί, λόγω της μεγάλης ανομοιομορφίας, τόσο κατά την κατακόρυφη, όσο και κατά την οριζόντια έννοια και η τροφοδοσία τους πραγματοποιείται τόσο άμεσα από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, όσο και από τους γειτονικούς ασβεστολιθικούς σχηματισμούς με πλευρική τροφοδοσία.

- Οι κώνοι κορημάτων και τα πλευρικά κορήματα στο βορειοανατολικό τμήμα της λεκάνης.

Οι σχηματισμοί αυτοί χαρακτηρίζονται ως περατοί, λόγω της μικρής συνεκτικότητας και του μεγάλου ποσοστού συμμετοχής αδροκλαστικών υλικών. Οι σχηματισμοί αυτοί τροφοδοτούνται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και πλευρικά από τους γειτονικούς ασβεστόλιθους.

- Οι πλειστοκαινικοί σχηματισμοί (αργιλοαμμώδη υλικά με ασβεστιτικά συγκρίματα και διάσπαρτες κροκαλολατύπες) συναντώνται στο πεδινό τμήμα της υπό μελέτης υδρολογικής λεκάνης και στις κοίτες των βασικότερων ρεμάτων της περιοχής.

Γενικά, οι σχηματισμοί αυτοί χαρακτηρίζονται υδρογεωλογικά στο σύνολό τους ως περατοί έως ημιπερατοί, με πιθανή την παρουσία τοπικά υδροφόρων οριζόντων σημαντικής δυναμικότητας. Η υδρολιθολογική συμπεριφορά των σχηματισμών αυτών μεταβάλλεται έντονα τόσο κατά την κατακόρυφη, όσο και κατά την οριζόντια διεύθυνση και ελέγχεται από τη σύσταση, την κοκκομετρία και τον βαθμό συνεκτικότητας των δομικών συστατικών τους. Εξαιτίας των εναλλαγών περατών (κροκαλολατύπες), ημιπερατών και πρακτικά στεγανών (αργιλοαμμώδη υλικά)

σχηματισμών, είναι δυνατή η ανάπτυξη υπό πίεση ή επικρεμάμενων υδροφόρων οριζόντων. Στους σχηματισμούς αυτούς δημιουργούνται ελεύθεροι και υπό πίεση υδροφόροι ορίζοντες, οι οποίοι βρίσκονται υπό εντατική εκμετάλλευση με πηγάδια και γεωτρήσεις, καλύπτοντας σημαντικές ανάγκες της περιοχής. Οι σχηματισμοί αυτοί τροφοδοτούνται πλευρικά από τους ασβεστολιθικούς ορεινούς όγκους της Υποπελαγονικής ενότητας. Μελέτες στις πλειστοκαινικές αποθέσεις έδειξαν ότι έχουν μέτρια παροχετευτικότητα ( $5-40 \text{ m}^2/\text{h}$ ) (Κούνης Γ.Ο., Σιέμος Ν. Ε., 1990) και επομένως η κίνηση του υπογείου νερού πραγματοποιείται κυρίως μέσω του δευτερογενούς πορώδους (ρήγματα, διακλάσεις) και σε μικρότερη κλίμακα μέσω του πρωτογενούς πορώδους.

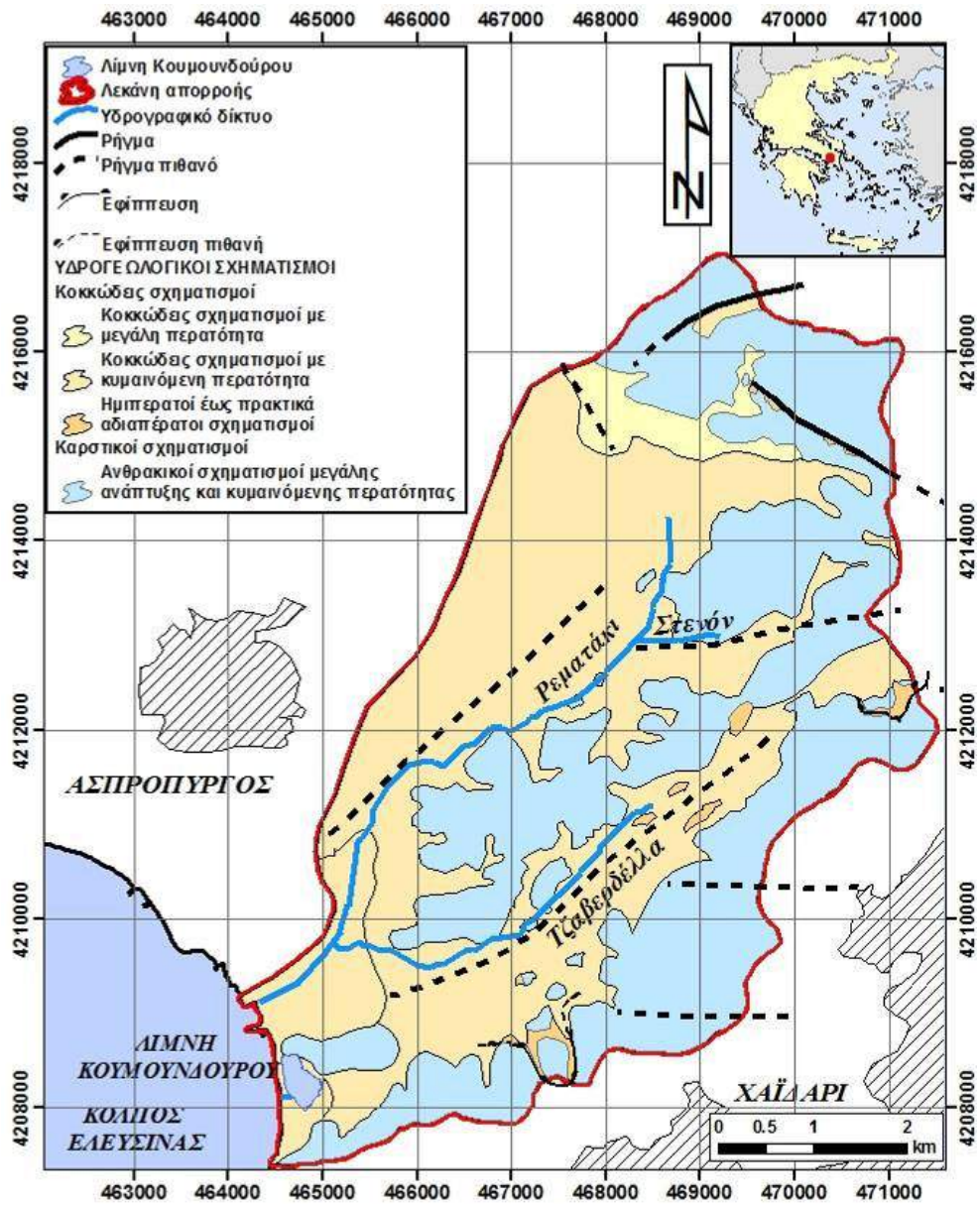
- Οι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί του μέσου Τριαδικού - κατώτερου Ιουρασικού (ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες), δομούν το βόρειο, βορειοανατολικό, ανατολικό και νοτιοανατολικό τμήμα της υπό μελέτη λεκάνης απορροής.

Οι σχηματισμοί αυτοί εμφανίζουν ανεπτυγμένο δευτερογενές πορώδες λόγω καρστικοποίησης και τεκτονικής καταπόνησης, με συνέπεια την εύκολη κατείσδυση και διακίνηση του νερού. Από δοκιμαστικές αντλήσεις που έχουν γίνει στην περιοχή των ΧΔΑ/ΧΥΤΑ (Κ/Ξ Αφοι Μεσοχωριτή κ.α., 1998) υπολογίστηκε η υδραυλική αγωγιμότητα του σχηματισμού, η οποία κυμάνθηκε μεταξύ  $4,3$  και  $7,8 \cdot 10^{-4} \text{ m/sec}$  ενώ η υδραυλική κλίση του υδροφόρου στην συγκεκριμένη περιοχή βρέθηκε ίση με  $0,52\%$ . Πρέπει ωστόσο να αναφερθεί η μεγάλη ανομοιογένεια του σχηματισμού αυτού, τόσο λόγω της σποραδικής εμφάνισης δολομιτών, όσο και λόγω των διαφόρων τεκτονικών φάσεων που έχουν δράσει στην περιοχή (μία κατά το μέσο - ανώτερο Ηώκαινο και μία κατά το μέσο Μειόκαινο), έχουν οδηγήσει στη δημιουργία τουλάχιστον δύο καρστικών συστημάτων, ανάλογα με τα εκάστοτε "επίπεδα βάσης". Με τον τρόπο αυτό σήμερα αναπτύσσονται υδροφορίες σε διάφορα επίπεδα και αναγνωρίζεται η παρουσία ενός σύγχρονου καρστ, περίπου στο επίπεδο της θάλασσας και ενός παλαιότερου καρστικού συστήματος (ενδοκάρστ) στα υψόμετρα  $-20$  έως  $-60 \text{ m}$ . Το δεύτερο αυτό καρστ εκφορτίζει σημαντικές ποσότητες γλυκού νερού στο κόλπο της Ελευσίνας μέσω υποθαλάσσιων πηγών (Μιμίδης, 1998).

Τα καρστικά αυτά συστήματα σε συνδυασμό με την παρουσία τεκτονικών βυθισμάτων πληρωμένων με αργιλικά υλικά, δημιουργούν τις κατάλληλες συνθήκες για τη δημιουργία επιφανειακών και υπόγειων παράκτιων αποθεμάτων γλυκού νερού όπως η λίμνη Κουμουνδούρου,

καθώς υπόγεια "φυσικά φράγματα" εμποδίζουν την εκφόρτιση του γλυκού νερού προς την θάλασσα.

Με τον τρόπο αυτό έχουμε την εμφάνιση καρστικών πηγών στο δυτικό - νοτιοδυτικό τμήμα του Αιγάλεω όρους και στο νοτιοδυτικό τμήμα του όρους Πάρνηθα, μέσα στη λίμνη Κουμουνδούρου, καθώς και στη νότια όχθη του χειμάρρου Ρεματάκι (Καραμπέλα, 1997).



Εικόνα 22: Υδρογεωλογικός χάρτης της λεκάνης απορροής της Λίμνης Κουμουνδούρου.

- Η περμοτριάδικη ακολουθία (αρκόζες, γραουβάκες και αργιλικοί σχιστόλιθοι) αποτελούν το αδιαπέρατο υπόβαθρο της περιοχής μελέτης και επιφανειακά εμφανίζονται τοπικά μόνο στο ανατολικό και νότιο τμήμα της υπό μελέτη λεκάνης απορροής, λόγω της δράσης επιπτώσεων κινήσεων.

Οι σχηματισμοί αυτοί χαρακτηρίζονται ως ημιπερατοί έως πρακτικά αδιαπέρατοι. Οι σχηματισμοί αυτοί δεν παρουσιάζουν υδρογεωλογικό ενδιαφέρον λόγω της μικρής επιφανειακής εμφάνισής τους και μόνο τοπικά ίσως διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο, σε συνδυασμό με τα υπερκείμενα ανθρακικά πετρώματα, στη δημιουργία τοπικών επικρεμάμενων υδροφοριών.

### 3.10. Μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής μελέτης

Καθοριστικός παράγοντας της διαμόρφωσης του κλίματος της υδρολογικής λεκάνης της Λίμνης Κουμουνδούρου και του Θριάσιου πεδίου γενικότερα, είναι η παρουσία της θάλασσας νοτιοδυτικά (κόλπος της Ελευσίνας), καθώς και οι ορεινοί όγκοι που την περιβάλλουν (όρος Πάρνηθα βόρεια και όρος Αιγάλεω δυτικά και νοτιοδυτικά).

Τα στοιχεία για τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής έχουν ληφθεί από τον μετεωρολογικό σταθμό του αεροδρομίου της Ελευσίνας, ο οποίος ανήκει στην Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.). Ο σταθμός κρίνεται αξιόπιστος και βρίσκεται σε μικρή απόσταση βορειοδυτικά της περιοχής μελέτης (υψόμετρο +31 m, συντεταγμένες  $X = 460.377,896$  και  $Y = 4.213.019,932$  - γεωγραφικό πλάτος:  $38^{\circ} 04' 00''$  και γεωγραφικό μήκος:  $23^{\circ} 33' 00''$ ).

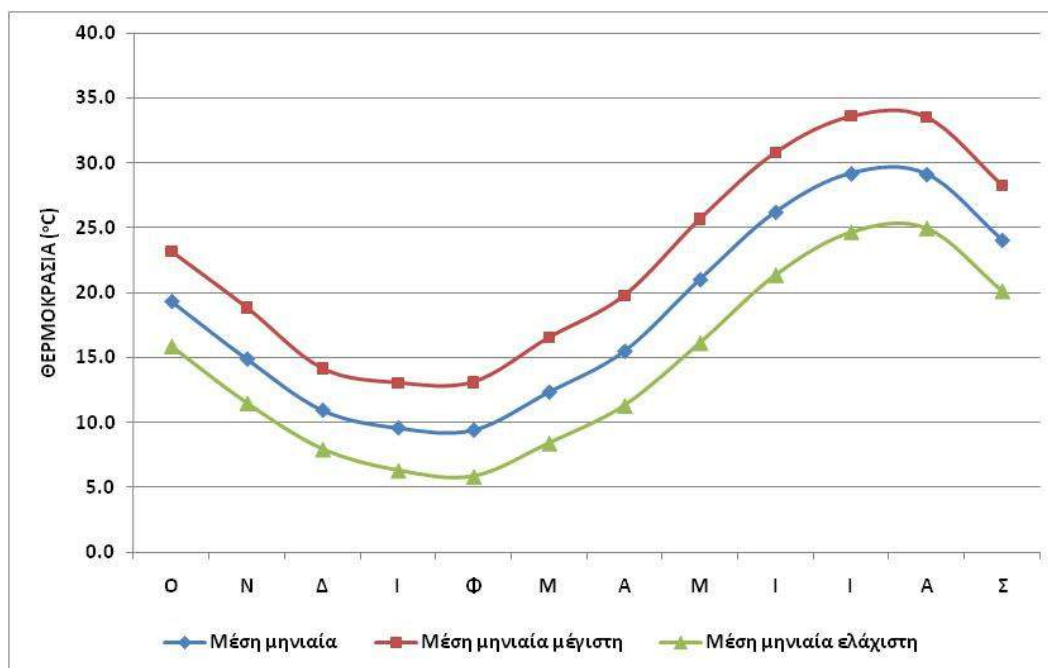
#### 3.10.1. Θερμοκρασία

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από ήπιους χειμώνες και ζεστά καλοκαίρια. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες σημειώνονται τον Ιούλιο - Αύγουστο και οι χαμηλότερες τον Ιανουάριο - Φεβρουάριο. Παρακάτω παρατίθενται οι μέσες, μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες θερμοκρασίες του Μ.Σ. Ελευσίνας για τα υδρολογικά έτη 2000/01-2010/11 (Πίνακας 8, Εικόνα 23). Από αυτά προκύπτει ότι οι υψηλότερες μέγιστες μηνιαίες θερμοκρασίες σημειώνονται κατά τον Ιούλιο και τον Αύγουστο ( $35,5^{\circ}$  και  $35,0^{\circ}$  αντίστοιχα), ενώ οι χαμηλότερες σημειώνονται κατά τον Φεβρουάριο μήνα ( $3,3^{\circ}$ ). Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι στον Μ.Σ. Ελευσίνας έχει σημειωθεί η υψηλότερη τιμή θερμοκρασίας στην Ευρώπη, στις 10 Ιουλίου 1977 ( $48^{\circ}$  C). Αναφέρεται ότι γενικά η μέση μηνιαία θερμοκρασία διαχρονικά από το 1950 δεν παρουσιάζει σαφή πτωτική ή ανοδική τάση (Εικόνα 24).

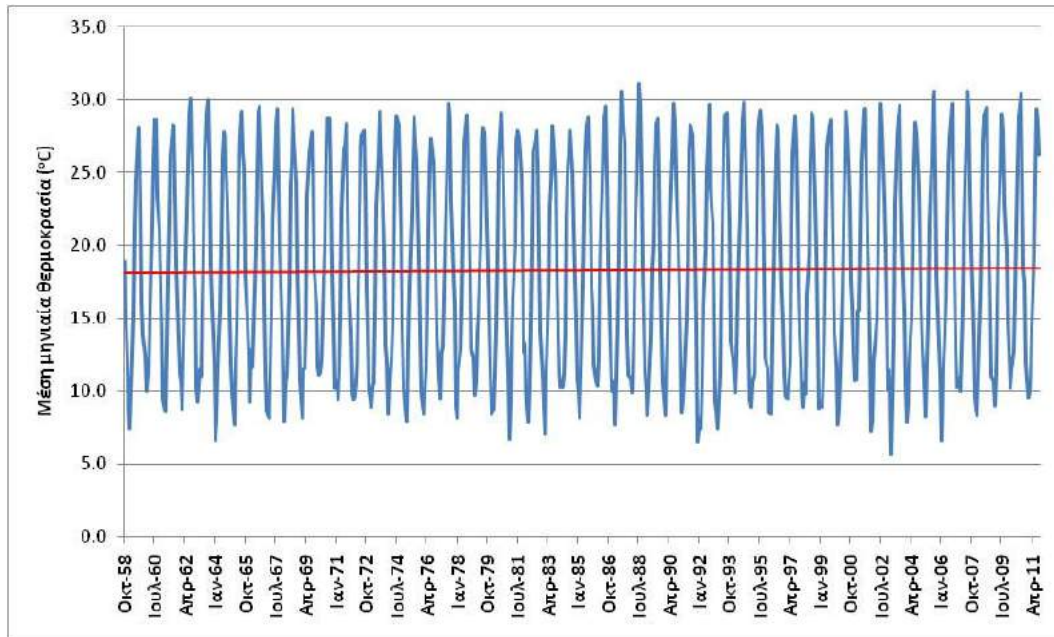


**Πίνακας 8:** Μέση, μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασίας για τα υδρολογικά έτη 2000/01-2010/11 (Μ.Σ. Ελευσίνας).

Μήνας	Μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C)			Μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία (°C)			Μέση ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία (°C)		
	mean	max	min	mean	max	min	mean	max	min
Ο	19.3	20.6	17.6	23.2	25.0	21.3	15.9	17.0	14.3
Ν	14.9	17.4	13.1	18.9	21.7	16.9	11.5	13.7	9.6
Δ	10.9	13.1	7.2	14.2	16.6	9.7	8.0	10.3	4.9
Ι	9.5	11.5	6.6	13.1	15.9	9.9	6.3	8.2	3.9
Φ	9.4	12.0	5.6	13.1	16.4	8.1	5.9	7.7	3.3
Μ	12.3	15.6	9.5	16.5	19.9	13.5	8.4	11.7	5.5
Α	15.5	16.7	13.6	19.8	21.4	17.5	11.3	12.4	9.7
Μ	21.0	22.9	19.4	25.7	28.1	23.9	16.2	18.0	14.9
Ι	26.2	27.6	24.7	30.8	32.6	28.5	21.4	22.6	19.8
Ι	29.2	30.6	27.5	33.6	35.5	31.2	24.7	27.2	23.8
Α	29.1	30.6	27.7	33.5	35.0	31.7	25.0	27.8	22.8
Σ	24.0	26.2	22.8	28.3	31.2	26.5	20.2	21.9	19.5



**Εικόνα 23:** Διακύμανση της μέσης, μέγιστης και ελάχιστης μηνιαίας θερμοκρασίας για τα υδρολογικά έτη 2000/01-2010/11 (Μ.Σ. Ελευσίνας).

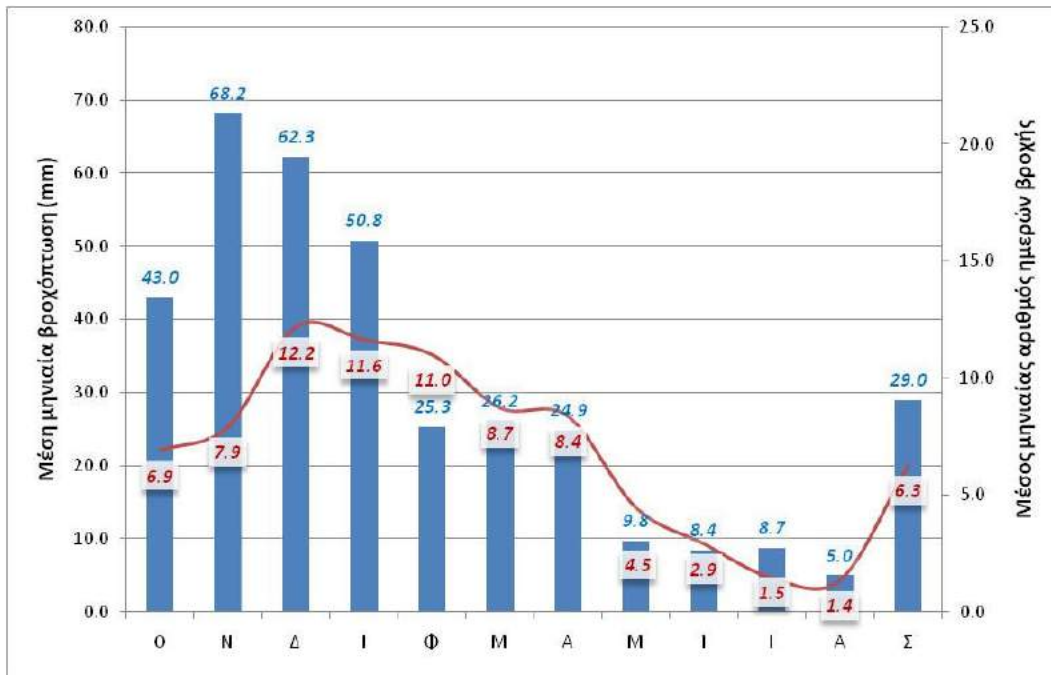


**Εικόνα 24:** Διακύμανση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας για τα υδρολογικά έτη 1958/59-2010/11 (Μ.Σ. Ελευσίνας).

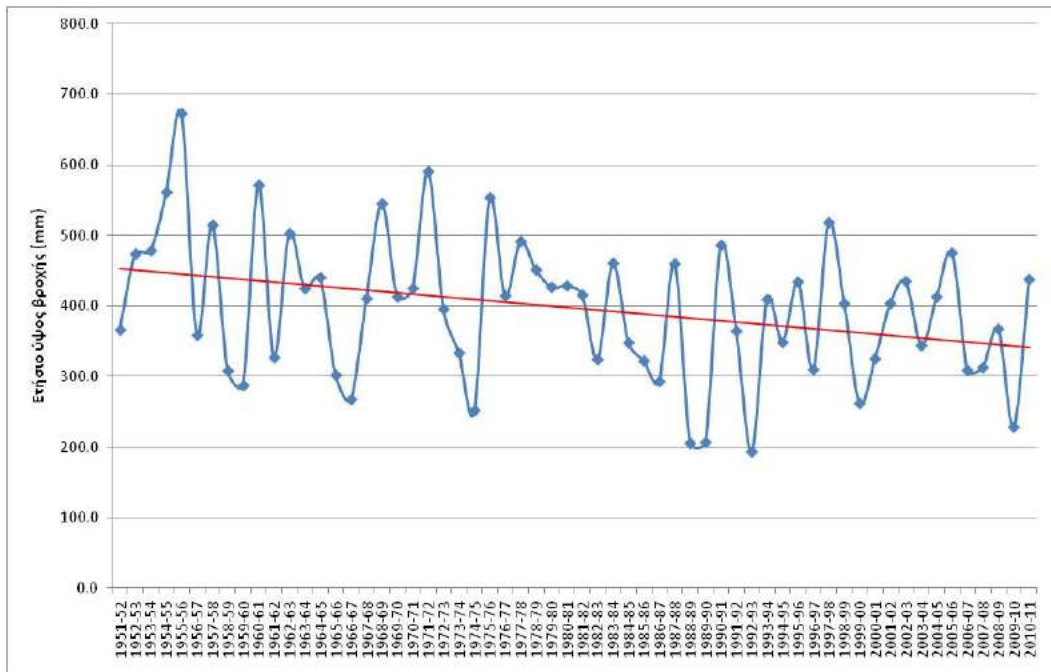
### 3.10.2. Βροχόπτωση

Το μέσο μηνιαίο ύψος βροχής παίρνει τις μεγαλύτερες τιμές του τον Νοέμβριο και τον Δεκέμβριο με 68,2 mm και 62,3 mm αντίστοιχα, ενώ τις μικρότερες τιμές του τις παίρνει τον Ιούλιο και τον Αύγουστο με 8,7 mm και 5,0 mm αντίστοιχα. Αντίστοιχα, ο μεγαλύτερος μέσος μηνιαίος αριθμός ημερών βροχής σημειώνεται τον Δεκέμβριο και τον Ιανουάριο με 12,2 και 11,6 αντίστοιχα, ενώ ο μικρότερος αριθμός σημειώνεται τον Ιούλιο και τον Αύγουστο με 1,5 και 1,4 ημέρες βροχής αντίστοιχα (Εικόνα 25).

Με βάση τη διακύμανση της ετήσιας βροχόπτωσης του Μ.Σ. Ελευσίνας, προκύπτει ότι διαχρονικά, από το 1950 έως σήμερα, παρατηρείται μία γενικότερη πτωτική τάση στις τιμές της βροχόπτωσης (Εικόνα 26). Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής στην περιοχή της Λ. Κουμουνδούρου κατά την τελευταία δεκαετία είναι 368,4 mm ενώ για το υδρολογικό έτος 2010-2011 έφτασε τα 437,8 mm, γεγονός που κατατάσσει την περιοχή σε ένα καθεστώς περιορισμένης υδατικής διαθεσιμότητας.

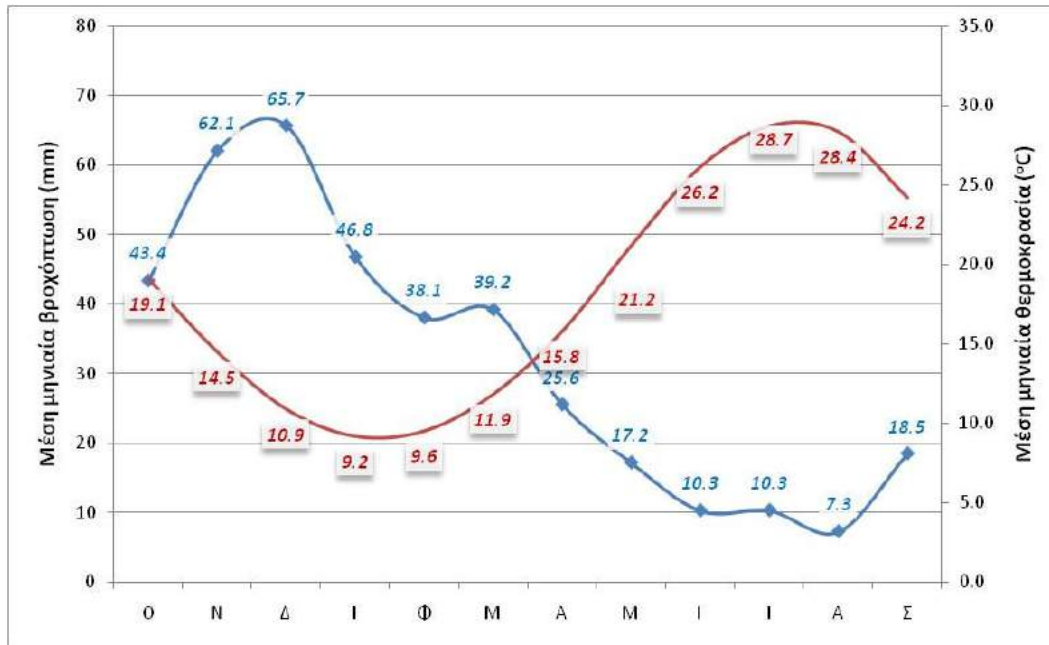


**Εικόνα 25:** Διακύμανση της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης και του μέσου μηνιαίου αριθμού ημερών βροχής για τα υδρολογικά έτη 2000/01-2010/11 (Μ.Σ. Ελευσίνας).



**Εικόνα 26:** Διακύμανση του ετήσιου ύψους βροχόπτωσης υδρολογικά έτη 1951/52-2010/11 (Μ.Σ. Ελευσίνας).

Στην Εικόνα 27 παρατίθεται το Ομβροθερμικό διάγραμμα του Μ.Σ. Ελευσίνας. Από αυτό προκύπτει ότι η ξηροθερμική περίοδος της περιοχής είναι μεταξύ του Απριλίου και του Οκτωβρίου κάθε έτους.



**Εικόνα 27:** Ομβροθερμικό διάγραμμα του Μ.Σ. Ελευσίνας για τα υδρολογικά έτη 1958/59-2010/11.

### 3.10.3. Πλημμυρικά φαινόμενα

Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στα πλημμυρικά φαινόμενα που συχνά πλήττουν την ευρύτερη περιοχή μελέτης και προκαλούν καταστροφές ακόμα και στις αστικές περιοχές (Πίνακας 9). Εξαιτίας των ιδιαίτερων υδρολογικών (σχετικά χαμηλές τιμές ετήσιας βροχόπτωσης και με άνιση κατανομή στον χρόνο) και γεωλογικών (παρουσία κυρίως καρστικών σχηματισμών μεγάλης υδροπερατότητας) συνθηκών που επικρατούν, το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής αποτελείται κυρίως από ρέματα περιοδικής ροής. Τα ρέματα αυτά χαρακτηρίζονται από την έλλειψη διαμορφωμένης κοίτης και επαρκούς διατομής, ενώ συχνά παρατηρείται και αλλοίωση της φυσικής κοίτης με κατασκευές, ιρλανδικές διαβάσεις, κ.λπ. Το πρόβλημα αυτό είναι εντονότερο στις εκβολές των ρεμάτων στην παραλιακή ζώνη.

Παράλληλα, η ευρύτερη περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από έντονη κατασκευαστική δραστηριότητα ως συνέπεια της αστικοποίησης και της βιομηχανικής ανάπτυξης, η οποία εμποδίζει την κατείσδυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την απουσία κατάλληλων

αντιπλημμυρικών έργων, συμβάλλουν στην συχνή παρουσία πλημμυρικών φαινομένων, καθώς το δίκτυο αποχέτευσης όμβριων έχει μήκος 15,5 km περίπου και είναι ελλιπές αφού έχει κατασκευαστεί μόνο κατά μήκος κάποιων οδών που παλιότερα ήταν ρέματα (Δήμος Ασπρόπυργου, 2008).

Πιο συγκεκριμένα, στο ανατολικό τμήμα του Θριάσιου πεδίου εντοπίζονται τα παρακάτω ρέματα περιοδικής ροής, τα οποία συχνά συνδέονται με πλημμυρικά φαινόμενα:

#### - **Ρέμα Τζαβερδέλλα**

Εντοπίζεται στο ανατολικό τμήμα του Θριάσιου πεδίου (Εικόνα 22). Πηγάζει στο όρος Αιγάλεω και συναντά τα ρέματα Γιαννούλας και Μαύρη Ώρα πριν την εκβολή του στον κόλπο της Ελευσίνας. Στο παρελθόν το �έμα ήταν ρηχό με πλατιά και βραχώδη κοίτη, ενώ σήμερα το πλάτος του δεν ξεπερνά τα 3 m. Στην πλειονότητά του το �έμα έχει επιχωματωθεί και μετατραπεί σε δρόμο, προβλέπεται ωστόσο καινούρια διαμόρφωσή του (Μανρακίς, 2007).

#### - **Ρέμα Ρεματάκι ή Μαύρη Ώρα**

Πηγάζει στο όρος Πάρνηθα, διέρχεται από το δυτικό τμήμα του χώρου απόθεσης απορριμμάτων των Άνω Λιοσίων και συναντά το �έμα Γιαννούλας πριν την εκβολή του στον κόλπο της Ελευσίνας (Εικόνα 22). Το βάθος του σήμερα είναι μικρότερο από 2 m και το πλάτος του έως 3 m, ενώ υπάρχουν αναφορές ότι στο παρελθόν το συγκεκριμένο �έμα είχε πλατιά και βραχώδη κοίτη (Μανρακίς, 2007). Δέχεται μεγάλο όγκο των ομβρίων υδάτων της Αττικής οδού και του χώρου απόθεσης απορριμμάτων των Άνω Λιοσίων, καθώς και προϊόντα διάβρωσης και λημμάτων.

Προβλέπεται η διαμόρφωση νέας κοίτης, η οποία σε πολλά σημεία έχει καταπατηθεί (Λυμπεροπούλου, 2010).

#### - **Ρέμα Στενό**

Πρόκειται για μικρό �έμα που συμβάλλει στο �έμα Ρεματάκι. Έχει κοίτη μαιανδρικής μορφής, ενεργό κοίτη πλάτους 1,5 m και βάθος έως 4 m. Τοπικά έχουν γίνει επιχωματώσεις που εμποδίζουν την ελεύθερη κίνηση του νερού.

#### - **Ρέμα Γιαννούλας ή Αγίου Γεωργίου**

Στην αρχαιότητα ονομαζόταν φαράγγι του Κελαδώνα. Πηγάζει στο όρος Πάρνηθα, διαρρέει την περιοχή του Ασπρόπυργου και εκβάλλει στην θάλασσα στην περιοχή δυτικά των Διυλιστηρίων

Ασπρόπυργου. Το τελευταίο τμήμα του ρέματος, πριν την έξοδό του στη θάλασσα, ενώνεται τεχνητά με τα ρέματα Μαύρη Οχιά και Τσαβερδέλλα. Το ρέμα χαρακτηρίζεται από μεγάλη μεταφορική ικανότητα, ιδιαίτερα μετά από μεγάλες βροχοπτώσεις. Στην περιοχή πλήθος βιοτεχνιών, κτηριακών εγκαταστάσεων και δρόμων εμποδίζουν την ελεύθερη ροή του και την έξοδό του στη θάλασσα. Στο ρέμα καταλήγουν λύματα και απόβλητα εργοστασίων. Τις τελευταίες δεκαετίες πραγματοποιούνταν αμμοληψίες από το ρέμα, για την κάλυψη τοπικών αναγκών, ενώ οι εποχικές απορροές του χρησιμοποιούνταν για την κάλυψη αρδευτικών αναγκών (Μανρακίς, 2007). Συχνά το συγκεκριμένο ρέμα πλημμυρίζει στο ύψος της Εθνικής Οδού Αθηνών - Κορίνθου.

Ο κίνδυνος εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων στο ρέμα Γιαννούλας αυξήθηκαν μετά τις καταστροφικές πυρκαγιές του 2007 στην Πάρνηθα, καθώς το συγκεκριμένο ρέμα αποστραγγίζει το δυτικό τμήμα του ορεινού όγκου και διέρχεται από την πόλη του Ασπρόπυργου. Η καμένη έκταση της λεκάνης απορροής του ρέματος της Γιαννούλας ανέρχεται σε 13.383,1 στρέμματα. Ωστόσο, μετά τις πυρκαγιές το ρέμα καθαρίστηκε, ενώ το 2008 παραδόθηκαν δύο φράγματα ανάσχεσης από το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. (Δήμος Ασπρόπυργου, 2008).

**Πίνακας 9:** Καταγεγραμμένα πλημμυρικά γεγονότα των τελευταίων 60 χρόνων στο ευρύτερο ανατολικό τμήμα του Θριάσιου πεδίου.

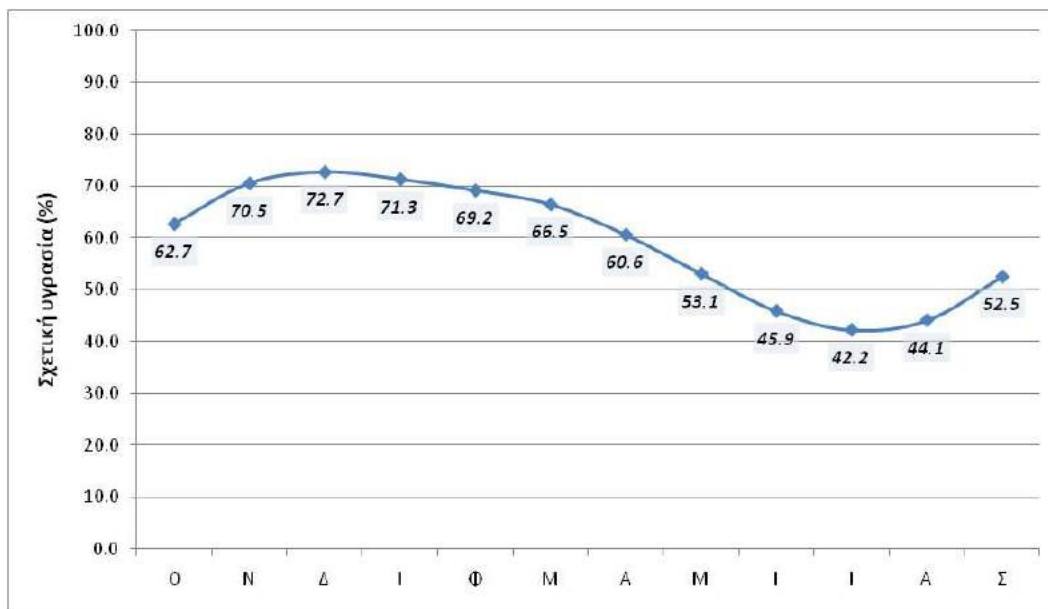
Ημερομηνία	Χαρακτηριστικά φαινομένου	Θέση παρατήρησης	Παρατηρήσεις
06/11/1961	114mm/8h (21,6mm/24h)	Νέα Φιλαδέλφεια (Ελευσίνα)	Κηρύχθηκε σε κατάσταση εκτάκτου ανάγκης η Αθήνα.
29/11/1963	56,9mm/5h	Ελευσίνα	Έκλεισε η Π.Ε.Ο. Αθηνών-Κορίνθου λόγω πλημμύρας από το 18 <sup>ο</sup> έως το 25 <sup>ο</sup> km. Ζημιές στον Ασπρόπυργο. Ζημιές στις καλλιέργειες. Πνίγηκαν ζώα. Ένα θύμα.
02/11/1977	90,5mm/12h	Ελευσίνα	Κηρύχθηκε η Αθήνα σε κατάσταση εκτάκτου ανάγκης. Πλημμύρισε η λίμνη Κουμουνδούρου και διακόπηκε η κυκλοφορία στην Ε.Ο. Αθηνών - Κορίνθου. Πλημμύρισαν οι χειμάρροι Αγίου Γεωργίου και Μαύρης Ωρας. Ζημιές σε βιοτεχνίες, σπίτια και καλλιέργειες. 20 θύματα στην περιοχή Ασπρόπυργου.
11/12/1977	27mm/9,5h	Ελευσίνα	Πλημμύρισαν οι χειμάρροι Αγ. Γεωργίου και Μαύρης Ωρας. Ζημιές στην παραλιακή ζώνη. Θύματα.
5-6/02/1978	26,4mm/9h	Ελευσίνα	Πλημμύρισε το ρέμα Αγίου Γεωργίου. Ζημιές σε βιοτεχνίες και σπίτια της περιοχής, ιδιαίτερα στην παραλιακή ζώνη. Πνίγηκαν ζώα. Δύο θύματα.
26- 27/01/1996	17,3mm/10h	Ελευσίνα	Πλημμύρισε το ρέμα Αγ. Γεωργίου και Σαρανταπόταμου. Ζημιές στον Ασπρόπυργο και σε επιχειρήσεις. Δύο θύματα.
08- 09/11/1999	109mm	Ελευσίνα	Πλημμύρισε ο Σαρανταπόταμος. Εκτεταμένες ζημιές στις περιοχές Ασπρόπυργος, Ελευσίνα.

19-20/11/2000	52mm/48h	Ελευσίνα	Πλημμύρισε ο χείμαρρος Μαύρη Ωρα.
25-28/11/2000	43,5mm/4d	Ελευσίνα	Υπερχείλισε ο χείμαρρος Αγ. Γεωργίου.
08/07/2002	91mm/3h	Αστεροσκοπείο	Πλημμύρισε το ρέμα Γιαννούλας. Πλημμύρισε ο Ασπρόπυργος
07/12/2002	70mm/24h	Θησείο	Πλημμύρισε το ρέμα Αγ. Γεωργίου.
22/09/2005	18,2mm	Μάνδρα	Προβλήματα στην Ε.Ο. Αθηνών-Κορίνθου στο ύψος της λίμνης Κουμουνδούρου λόγω συσσώρευσης υδάτων στα δύο ρέματα της περιοχής
30/10-01/11/2006	93mm/1.5h	Άνω Λιόσια	Σοβαρά προβλήματα στη λεωφόρο NATO στον Ασπρόπυργο, στο ύψος του στρατοπέδου από συγκέντρωση υδάτων στο δρόμο
27/10/2010	48,6mm/7h	Άνω Λιόσια	Πλημμύρες στον Ασπρόπυργο και στην Ελευσίνα.

### 3.10.4. Σχετική υγρασία

Η μέση σχετική υγρασία, στη περιοχή μελέτης παίρνει μέτριες τιμές παρά την παρουσία της θάλασσας σε πολύ κοντινή απόσταση, (μέση τιμή 59,3% για τα υδρολογικά έτη 1958/59-2010/11).

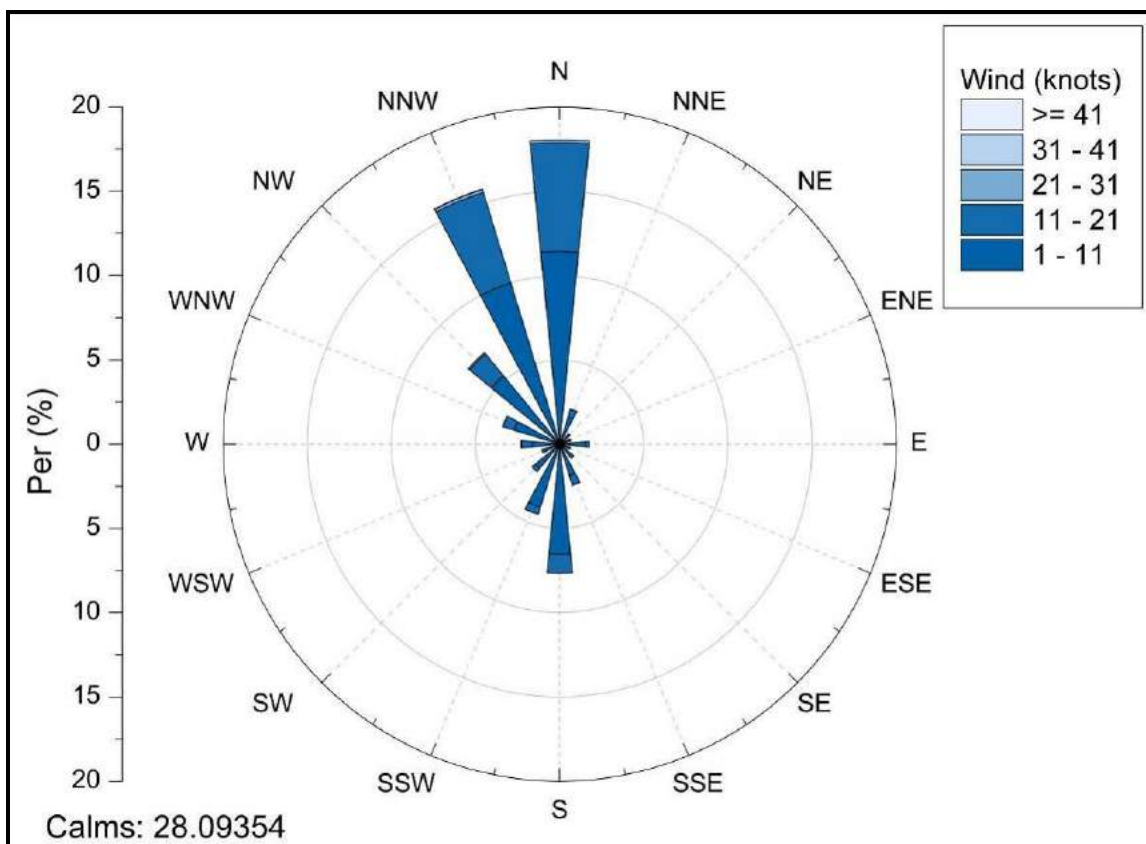
Οι πιο υγροί μήνες του έτους είναι ο Δεκέμβριος και ο Ιανουάριος με 72,7% και 71,3% αντίστοιχα σχετική υγρασία. Ο πιο ξηρός μήνας του έτους είναι ο Ιούλιος με 42,2% σχετική υγρασία (Εικόνα 28).



**Εικόνα 28:** Μέση μηνιαία σχετική υγρασία του Μ.Σ. Ελευσίνας για τα υδρολογικά έτη 1958/59-2010/11.

### 3.10.5. Άνεμοι

Με βάση τα δεδομένα του Μ.Σ. Ελευσίνας της Ε.Μ.Υ. (τρίωρες παρατηρήσεις της περιόδου 1/1/2000-31/7/2009), η κυρίαρχη διεύθυνση ανέμου είναι η βόρεια σε ποσοστό 18,1% και η βόρειο - βορειοδυτική σε ποσοστό 15,8%. Αντίστοιχα, επικρατούν οι πολύ ασθενείς και οι ασθενείς άνεμοι σε ποσοστό 24,9% και 25,9% αντίστοιχα (Εικόνα 29, Πίνακας 10). Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι το ποσοστό άπνοιας είναι αρκετά υψηλό (28,1%).



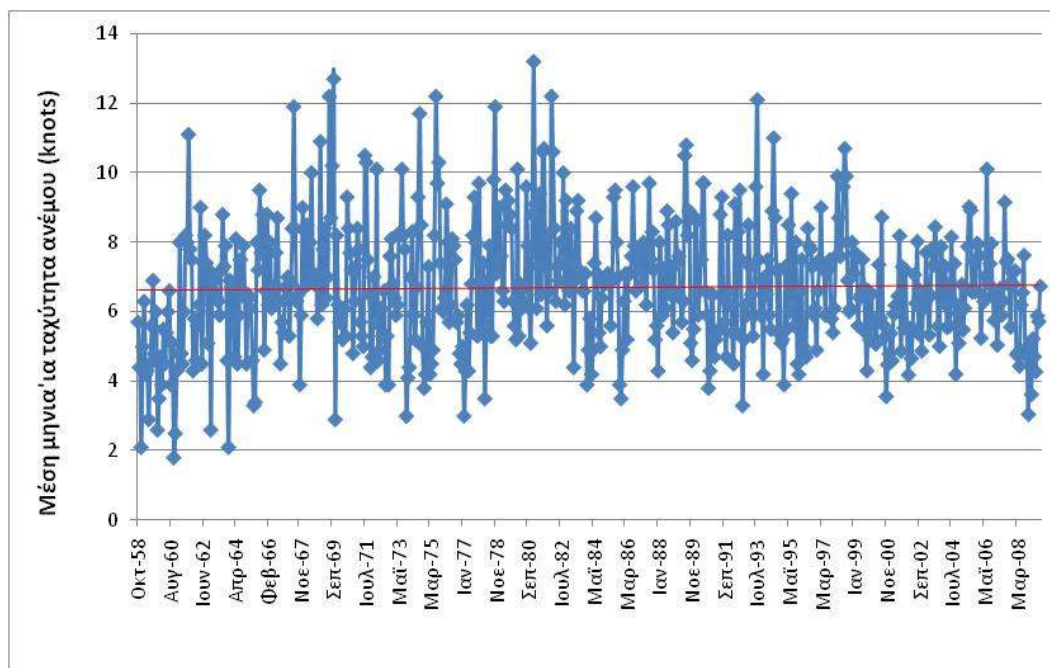
**Εικόνα 29:** Ροδόγραμμα ανέμου Μ.Σ. Ελευσίνας (τρίωρες παρατηρήσεις περιόδου 1/1/2000-31/7/2009).



**Πίνακας 10:** Συχνότητα διευθύνσεων και εντάσεων του ανέμου του Μ.Σ. Ελευσίνας (τρίωρες παρατηρήσεις περιόδου 1/1/2000-31/7/2009).

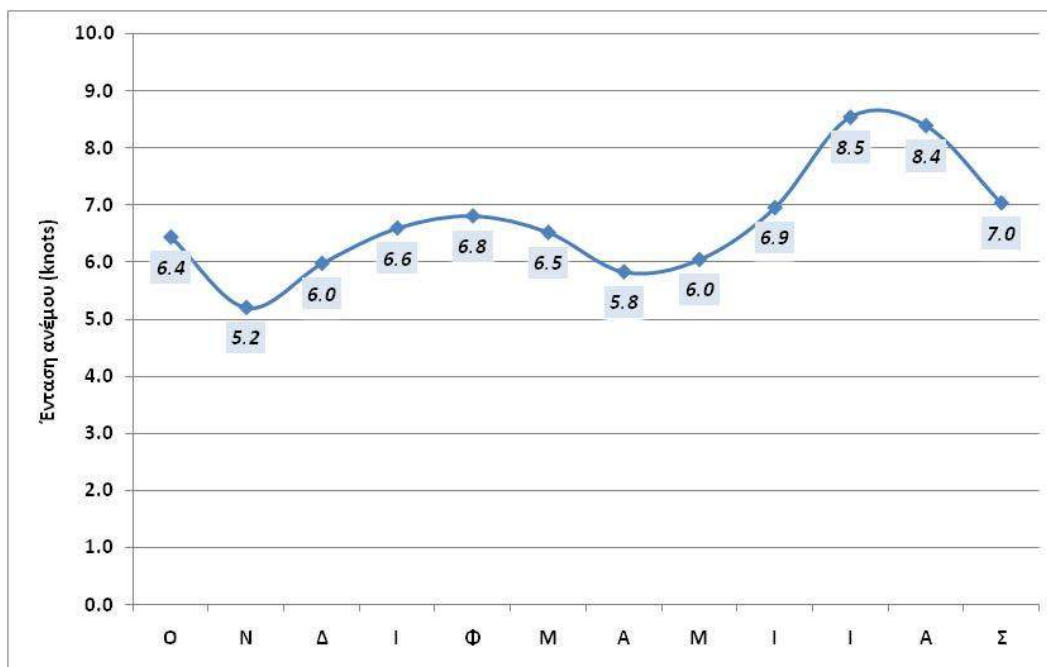
Ένταση		Χαρακτηρισμός ανέμου	Διεύθυνση ανέμου																Σύνολο
Bofor	knots		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSE	W	WNW	NW	NNW	
0	<1	Άπνοια	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.1%
1	1-3	Σχεδόν άπνοια	0.3	0.16	0.06	0.07	0.08	0.05	0.07	0.05	0.12	0.09	0.05	0.07	0.08	0.19	0.15	0.18	1.8%
2	4-6	Πολύ ασθενής	5.6	1.00	0.51	0.46	0.92	0.41	0.47	0.99	2.54	1.70	0.80	0.43	0.78	1.58	2.52	4.21	24.9%
3	7-10	Ασθενής	5.5	0.55	0.19	0.14	0.57	0.18	0.31	0.93	3.89	2.13	1.04	0.42	0.78	1.06	2.61	5.62	25.9%
4	11-16	Σχεδόν μέτριος	5.5	0.45	0.04	0.04	0.19	0.03	0.22	0.52	1.05	0.46	0.22	0.17	0.55	0.61	1.47	4.68	16.1%
5	17-21	Μέτριος	1.0	0.05	0.01	0	0.01	0	0.03	0.07	0.07	0.01	0.01	0.01	0.09	0.11	0.22	0.96	2.7%
6	22-27	Ισχυρός	0.1	0.01	0.00	0	0	0	0.01	0.01	0.02	0	0	0	0.01	0	0.07	0.16	0.4%
7	28-33	Σχεδόν θυελλώδης	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0.1%
8	34-40	Θυελλώδης	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01%
Σύνολο			18.1%	2.2%	0.8%	0.7%	1.8%	0.7%	1.1%	2.6%	7.7%	4.4%	2.1%	1.1%	2.3%	3.6%	7.0%	15.8%	100.0

Με βάση του διάγραμμα της Εικόνα 30, η μέση τιμή της έντασης του ανέμου διαχρονικά, από το 1958 έως σήμερα δεν παρουσιάζει κάποια σημαντική τάση, ενώ οι ημερήσιες και μηνιαίες μέσες τιμές εμφανίζουν σημαντικές διακυμάνσεις.



**Εικόνα 30:** Διακύμανση της μηνιαίας έντασης ανέμου για την περίοδο Οκτώβριος 1958 - Ιούλιος 2009 (Μ.Σ. Ελευσίνας).

Από το διάγραμμα της Εικόνα 31, προκύπτει ότι οι μήνες με τις μεγαλύτερες εντάσεις ανέμου είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος με 8,5 και 8,4 κόμβους αντίστοιχα. Ο μήνας με την μικρότερη ένταση ανέμου είναι ο Νοέμβριος (5,2 κόμβοι).



**Εικόνα 31:** Διακύμανση της μέσης μηνιαίας έντασης ανέμου για την περίοδο Οκτώβριος 1958 - Ιούλιος 2009 (Μ.Σ. Ελευσίνας).

### 3.10.6. Κλιματική κατάταξη

Για την κλιματική κατάταξη της περιοχής μελέτης χρησιμοποιήθηκαν τα μέσα μηνιαία δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού Ελευσίνας της Ε.Μ.Υ. για την περίοδο 1958/59 - 2010/11.

Με βάση την κατάταξη κατά Korpen, η περιοχή μελέτη κατατάσσεται στον **κλιματικό τύπο C**, καθώς ισχύουν τα κριτήρια:  $T_{\theta} > 10^{\circ}\text{C}$  και  $-3^{\circ}\text{C} < T_{\psi} < 18^{\circ}\text{C}$ , όπου  $T_{\theta}$  η μέση μηνιαία θερμοκρασία του θερμότερου μήνα σε  $^{\circ}\text{C}$  και  $T_{\psi}$  η μέση μηνιαία θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα σε  $^{\circ}\text{C}$ . Ισχύει:

$$T_{\theta} = 29,2^{\circ}\text{C} (\text{Ιούλιος}) > 10^{\circ}\text{C} \text{ και } -3^{\circ}\text{C} < T_{\psi} = 9,4^{\circ}\text{C} (\text{Φεβρουάριος}) < 18^{\circ}\text{C}.$$

Στη συνέχεια, η περιοχή μελέτης κατατάσσεται στην **υποκατηγορία s: Ξηρό καλοκαίρι** με κριτήρια  $P_{\xi\theta} < 40 \text{ mm}$  και  $P_{\xi\theta} < P_{\nu\psi} / 3$ , όπου  $P_{\xi\theta}$  η κατακρήμνιση του ξηρότερου μήνα του θερμού εξαμήνου σε mm και  $P_{\nu\psi}$  η κατακρήμνιση του υγρότερου μήνα του ψυχρού εξαμήνου σε mm, καθώς ισχύει:

$P_{\xi\theta} = 7,3 \text{ mm}$  (Αύγουστος)  $< 40 \text{ mm}$  και  $P_{\xi\theta} = 7,3 \text{ mm} < P_{\nu\psi} / 3 = 62,9$  (Δεκέμβριος)  $\text{mm} / 3 = 21,0 \text{ mm}$ .

Τέλος με βάση το κριτήριο  $T_{\theta} > 22^{\circ}\text{C}$  και  $T_{\mu} > 10^{\circ}\text{C}$  για 4 τουλάχιστον μήνες, η ευρύτερη περιοχή μελέτης κατατάσσεται στην κατηγορία α: Μεγάλο και θερμό καλοκαίρι, καθώς ισχύει:

$T_{\theta} = 29,2^{\circ}\text{C}$  (Ιούλιος)  $> 22^{\circ}\text{C}$  και  $T_{\mu} > 10^{\circ}\text{C}$  για 10 μήνες.

Συνεπώς η ευρύτερη περιοχή μελέτης κατατάσσεται στον κλιματικό τύπο **Csa**, ο οποίος αντιπροσωπεύει το **Μεσογειακό κλίμα** (ήπιοι, υγροί χειμώνες και ήπια ξηρά καλοκαίρια λόγω της επιρροής των υποτροπικών αντικυκλώνων) και με ετήσια βροχή που κυμαίνεται από 300 έως 900 mm και μόνο τοπικά περισσότερο.

### 3.10.7. Εξατμισοδιαπνοή

Ο προσδιορισμός της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, δηλαδή του συνόλου των απωλειών νερού από την εξάτμιση εδαφών και από την διαπνοή της χλωρίδας, μπορεί να επιτευχθεί έμμεσα με βάση άλλες μετεωρολογικές μεταβλητές, από τις οποίες εξαρτάται. Από αυτές σημαντικότερες είναι η θερμοκρασία, η ηλιακή και γήινη ακτινοβολία, η ηλιοφάνεια, η σχετική υγρασία και η ταχύτητα του ανέμου. Η δυνητική εξατμισοδιαπνοή είναι συνήθως μεγαλύτερη από την πραγματική, η οποία εξαρτάται εκτός των ανωτέρω και από την διαθεσιμότητα του νερού σε κάθε περιοχή (υγρασία του εδάφους). Η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη και αξιόπιστη μέθοδος προσδιορισμού της εξατμισοδιαπνοής θεωρείται η Penman - Monteith, η οποία λαμβάνει υπόψη όλες τις παραπάνω μεταβλητές. Η μέθοδος αυτή είναι συχνά αδύνατο να εφαρμοστεί, λόγω της απουσίας των σχετικών δεδομένων εισόδου.

Ο προσδιορισμός της εξατμισοδιαπνοής στην λεκάνη απορροής της Λίμνης Κουμουνδούρου, λόγω της απουσίας δεδομένων ηλιοφάνειας, επιλέχθηκε να πραγματοποιηθεί με την εμπειρική μέθοδο Hargreaves, η οποία απαιτεί μόνο δεδομένα θερμοκρασίας σε μηνιαίο ή ημερήσιο βήμα:

$$E = 0.023 \frac{S_0}{\lambda} (T_m + 17.8)(T_{\max} - T_{\min})^{0.5},$$

όπου  $S_0$  η εξωγήινη ακτινοβολία σε  $\text{kJ}/(\text{m}^2\text{d})$ ,

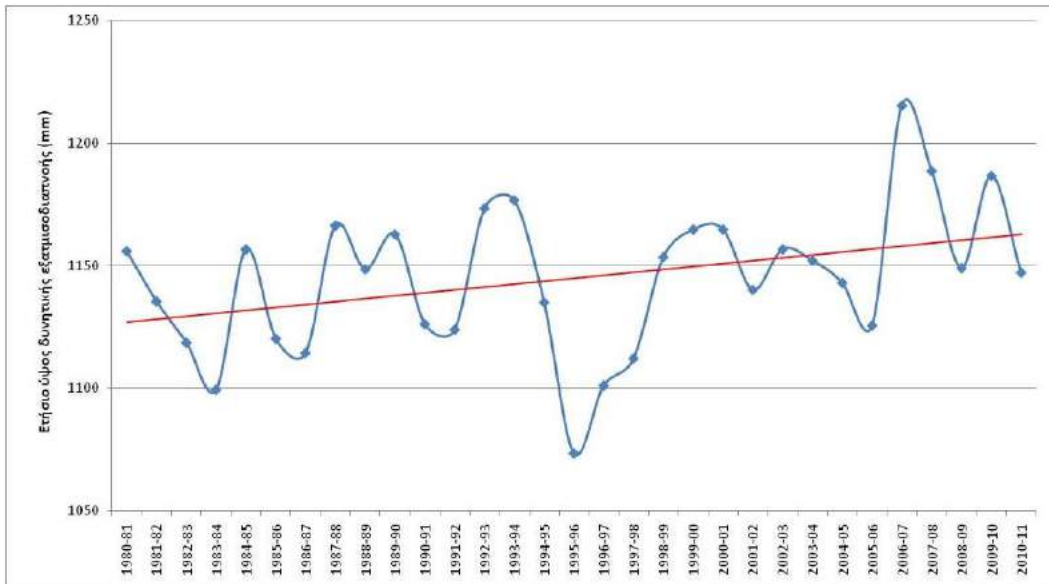
$\lambda$  η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης σε  $\text{kJ}/\text{kg}$ ,

$T_m$  η μέση μηνιαία ή ημερήσια θερμοκρασία,

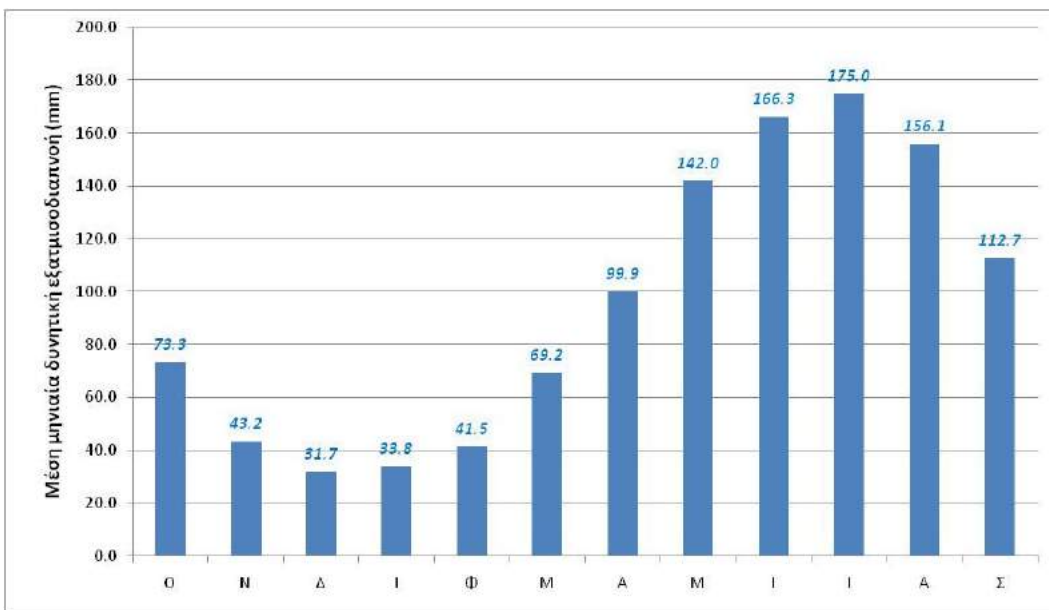
$T_{max}$  η μηνιαία ή ημερήσια μέγιστη θερμοκρασία και

$T_{min}$  η μηνιαία ή ημερήσια ελάχιστη θερμοκρασία σε °C.

Η μέθοδος αυτή θεωρείται ότι δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα με σφάλμα της τάξης του 10-15% ή του 1 mm/d (Κουτσογιάννης, 1999).



**Εικόνα 32:** Διακύμανση του ετήσιου ύψους δυνητικής εξατμισοδιαπνοής για τα υδρολογικά έτη 1980/81-2010/11 (Μ.Σ. Ελευσίνας), όπως υπολογίστηκε με τη μέθοδο Hargreaves.



**Εικόνα 33:** Διακύμανση του μέσης μηνιαίας δυνητικής εξατμισοδιαπνοής για τα υδρολογικά έτη 1980/81-2010/11 (Μ.Σ. Ελευσίνας), όπως υπολογίστηκε με τη μέθοδο Hargreaves.

Με βάση το διάγραμμα της διακύμανσης του ετήσιου ύψους της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής για τα υδρολογικά έτη 1980/81-2010/11, όπως υπολογίστηκε με τη μέθοδο Hargreaves και τα δεδομένα του Μ.Σ. Ελευσίνας, προκύπτει ότι το ύψος της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής στην περιοχή κυμαίνεται από 1073,5 έως 1215,4mm (Εικόνα 32). Παρατηρείται επίσης, μία σταδιακή αύξηση της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής διαχρονικά, που οφείλεται στην αντίστοιχη μικρή αύξηση της θερμοκρασίας ενώ η μέγιστη δυνητική εξατμισοδιαπνοή παρατηρείται τον Ιούλιο (175,0 mm) και η ελάχιστη τον Δεκέμβριο (31,7 mm) (Εικόνα 33).

### 3.11. Υδρολογικό ισοζύγιο υδρολογικής λεκάνης λίμνης Κουμουνδούρου

Η κατανομή του των διάφορων συνιστωσών του κύκλου του νερού μέσα σε μια υδρολογική λεκάνη μπορεί να περιγραφεί σε γενικές γραμμές από την μαθηματική έκφραση:

$$P = Q + E + I + \Delta S + \Delta q$$

όπου:

P = η βροχόπτωση

Q = η επιφανειακή απορροή

E = η πραγματική εξατμισοδιαπνοή

I = η κατείδυση

$\Delta S$  = η διαφορική αποθήκευση νερού στη γη

$\Delta q$  = Προσφορές και απολείψεις νερού από ανθρωπογενείς παρεμβάσεις

Με την προϋπόθεση ότι οι υδρολογικές λεκάνες αποτελούν αυτοτελή συστήματα στα οποία ισχύει η αρχή διατήρησης της μάζας και μην λαμβάνοντας, κατ' αρχήν υπόψη τις ανθρώπινες μεταβολές στα αποθέματα νερού, οι παράγοντες  $\Delta S$ ,  $\Delta q$  της παραπάνω εξίσωσης παραλείπονται και παίρνει τη μορφή:

$$P = Q + E + I$$

Δηλαδή το ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων σε μια υδρολογική λεκάνη ισούται με το άθροισμα των αντιστοίχων υψών των παραγόντων της επιφανειακής απορροής, της εξατμισοδιαπνοής, και της κατείδυσης στην λεκάνη αυτή.

Παρακάτω ακολουθεί ο υπολογισμός του υδρολογικού ισοζυγίου της λεκάνης απορροής της λίμνης Κουμουνδούρου με την κλασική αυτή μέθοδο. Για την πραγματοποίηση των σχετικών υπολογισμών, δεχόμαστε ως μέγιστη αποθηκευτική ικανότητα του εδάφους ίση με 25 mm. Ως εκ τούτου, σύμφωνα με τα ανωτέρω, οι συνιστώσες του υδρολογικού ισοζυγίου για τα υδρολογικά έτη 2000/01-2010/11 διαμορφώνονται ως ακολούθως (Πίνακας 11):

**Πίνακας 11:** Υδρολογικό ισοζύγιο της υδρολογικής λεκάνης της Λίμνης Κουμουνδούρου για τα υδρολογικά έτη 2000/01-2010/11.

Υδρολογικό έτος	P		E		I		Q	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
2000-01	325.4	100.0%	255.4	78.5%	47.6	14.6%	22.4	6.9%
2001-02	403.7	100.0%	268.4	66.5%	50.0	12.4%	85.3	21.1%
2002-03	434.9	100.0%	260.3	59.9%	73.2	16.8%	101.4	23.3%
2003-04	344.0	100.0%	174.8	50.8%	50.0	14.5%	119.2	34.7%
2004-05	413.0	100.0%	311.3	75.4%	64.7	15.7%	37.0	8.9%
2005-06	475.3	100.0%	296.0	62.3%	50.0	10.5%	129.3	27.2%
2006-07	308.9	100.0%	224.5	72.7%	31.4	10.2%	53.0	17.1%
2007-08	312.8	100.0%	289.3	92.5%	23.5	7.5%	0.0	0.0%
2008-09	367.5	100.0%	281.1	76.5%	49.3	13.4%	37.2	10.1%
2009-10	228.6	100.0%	186.5	81.6%	25.0	10.9%	17.1	7.5%
2010-11	437.8	100.0%	284.2	64.9%	75.0	17.1%	78.6	17.9%
<b>Σύνολο</b>	<b>368.4</b>	<b>100.0%</b>	<b>257.4</b>	<b>69.9%</b>	<b>49.1</b>	<b>13.3%</b>	<b>61.9</b>	<b>16.8%</b>

P: ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

E: εξατμισοδιαπνοή

I: κατείδυση

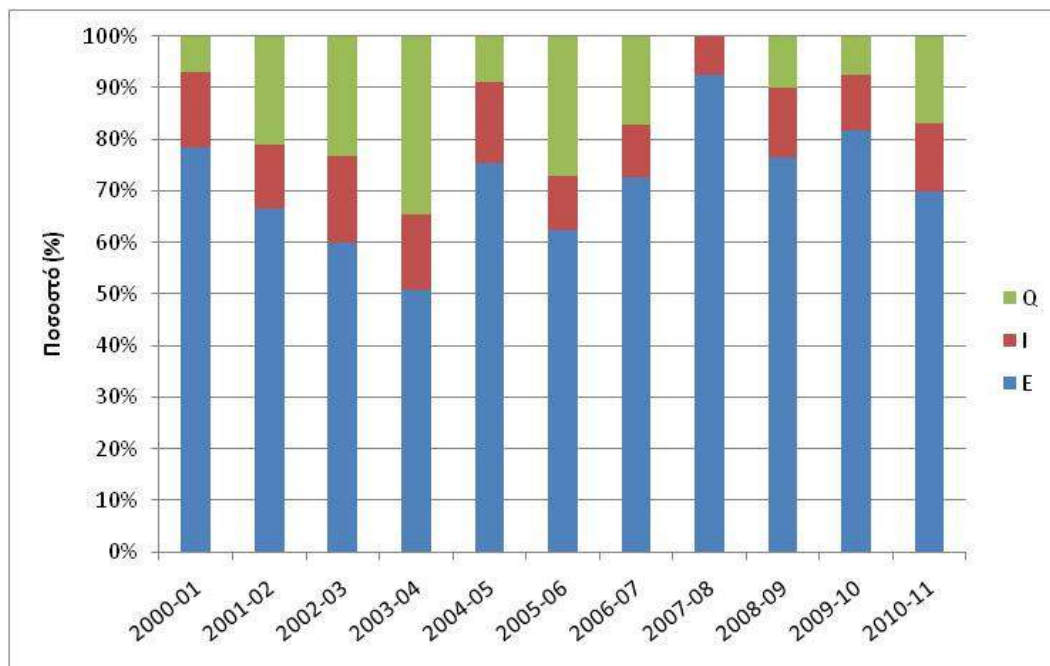
Q: επιφανειακή απορροή

Σύμφωνα με τα παραπάνω, από το σύνολο του νερού που ετησίως εισρέει στην υπό μελέτη λεκάνη απορροής με την μορφή ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, το 69,9% καταναλίσκεται στην εξατμισοδιαπνοή, το 13,3% κατειδύει και τροφοδοτεί τους υπόγειους υδροφόρους και το υπόλοιπο 16,8% απορρέει επιφανειακά.

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι η εξατμισοδιαπνοή αποτελεί το μεγαλύτερο τμήμα του υδατικού ισοζυγίου (69,9%), κάτι ωστόσο αναμενόμενο, καθώς η υπό μελέτη περιοχή εμφανίζει σχετικά μεγάλη μέση θερμοκρασία και μικρό ετήσιο ύψος βροχής (Εικόνα 34).

Η επιφανειακή απορροή είναι σχετικά μικρό ποσοστό της βροχής στην συγκεκριμένη περιοχή (16,8%), ενώ εμφανίζει μεγάλη διακύμανση από έτος σε έτος (0,0% έως 34,7%). Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται από την απουσία μόνιμης ροής στους χειμάρρους της περιοχής μελέτης. Η επιφανειακή απορροή εμφανίζεται συνήθως με τη μορφή πλημμυρικών επεισοδίων με σημαντικές επιπτώσεις στις κατάντη περιοχές της υδρολογικής λεκάνης (κοντά στην έξοδο προς την θάλασσα).

Η ποσότητα του νερού που κατεισδύει γενικά μπορεί να θεωρηθεί μικρή (13,3%). Το πεδινό τμήμα της περιοχής μελέτης αποτελεί χώρο οικοδόμησης βιομηχανικών μονάδων και οικισμών με συνέπεια ο συντελεστής κατείσδυσης στην δεδομένη περιοχή να είναι μικρός. Στο λοφώδες τμήμα της λεκάνης ωστόσο βόρεια και ανατολικά, καθώς και στο κεντρικό τμήμα, συναντώνται ασβεστολιθικοί σχηματισμοί. Στις περιοχές αυτές ο συντελεστής κατείσδυσης είναι μεγαλύτερος και είναι δυνατό να αναπτυχθούν σημαντικές υδροφορίες.



E: εξατμισοδιαπνοή  
I: κατείσδυση  
Q: επιφανειακή απορροή

**Εικόνα 34:** Ποσοστιαία κατανομή των συντελεστών του υδρολογικού ισοζυγίου της υδρολογικής λεκάνης της Λίμνης Κουμουνδούρου για τα υδρολογικά έτη 2000/01-2010/11.

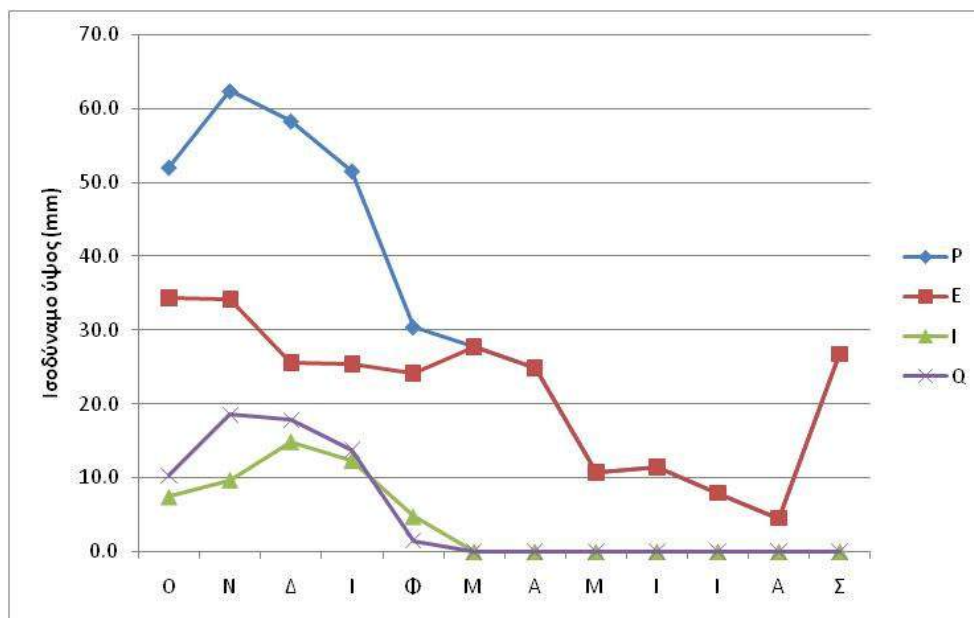
Παρακάτω δίνεται η μηνιαία κατανομή των συνιστωσών του υδρολογικού ισοζυγίου της υδρολογικής λεκάνης της Λίμνης Κουμουνδούρου (Πίνακας 12, Εικόνα 35). Από αυτά προκύπτει ότι επιφανειακή

απορροή και αύξηση των υπόγειων αποθεμάτων έχουμε μόνο κατά τους υγρούς μήνες (Οκτώβριος - Φεβρουάριος), ενώ κατά την ξηρή περίοδο (Μάιος - Σεπτέμβριος) όλη η βροχόπτωση καταναλίσκεται στην εξάτμιση και την διαπνοή.

**Πίνακας 12:** Μηνιαία μεταβολή των συνιστωσών του υδρολογικού ισοζυγίου της υδρολογικής λεκάνης της Λίμνης Κουμουνδούρου για τα υδρολογικά έτη 2000/01-2010/11.

Μήνες	P		E		I		Q	
<b>Ο</b>	52.0	100.0%	34.3	66.0%	7.4	14.3%	10.3	19.8%
<b>Ν</b>	62.4	100.0%	34.1	54.7%	9.7	15.5%	18.5	29.7%
<b>Δ</b>	58.3	100.0%	25.6	43.9%	14.9	25.5%	17.8	30.5%
<b>Ι</b>	51.5	100.0%	25.4	49.4%	12.3	23.9%	13.7	26.7%
<b>Φ</b>	30.3	100.0%	24.1	79.5%	4.7	15.6%	1.5	4.9%
<b>Μ</b>	27.7	100.0%	27.7	100.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%
<b>Α</b>	24.8	100.0%	24.8	100.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%
<b>Μ</b>	10.7	100.0%	10.7	100.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%
<b>Ι</b>	11.4	100.0%	11.4	100.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%
<b>Ι</b>	7.9	100.0%	7.9	100.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%
<b>Α</b>	4.5	100.0%	4.5	100.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%
<b>Σ</b>	26.7	100.0%	26.7	100.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%
<b>Σύνολο</b>	<b>368.4</b>	<b>100.0%</b>	<b>257.4</b>	<b>69.9%</b>	<b>49.1</b>	<b>13.3%</b>	<b>61.9</b>	<b>16.8%</b>

P: ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, E: εξάτμισοδιαπνοή, I: κατείδυση, Q: επιφανειακή απορροή



**Εικόνα 35:** Μηνιαία μεταβολή των συνιστωσών του υδρολογικού ισοζυγίου της υδρολογικής λεκάνης της Λίμνης Κουμουνδούρου για τα υδρολογικά έτη 2000/01-2010/11.



Τονίζεται ότι στον υπολογισμό του υδρολογικού ισοζυγίου δεν λήφθηκε υπόψη η πλευρική τροφοδοσία από το όρος Πάρνηθα βόρεια και από το όρος Αιγάλεω ανατολικά και συνεπώς τα πραγματικά υπόγεια αποθέματα είναι δυνατό να είναι μεγαλύτερα από τα αναφερόμενα.

### 3.12. Υδατικό ισοζύγιο λίμνης Κουμουνδούρου

Η σχέση που περιγράφει το υδατικό ισοζύγιο της λίμνης Κουμουνδούρου είναι η ακόλουθη:

$$P + RF = ET + Q \pm \Delta V$$

όπου P: η βροχόπτωση

ET: η δυνητική εξατμισοδιαπνοή

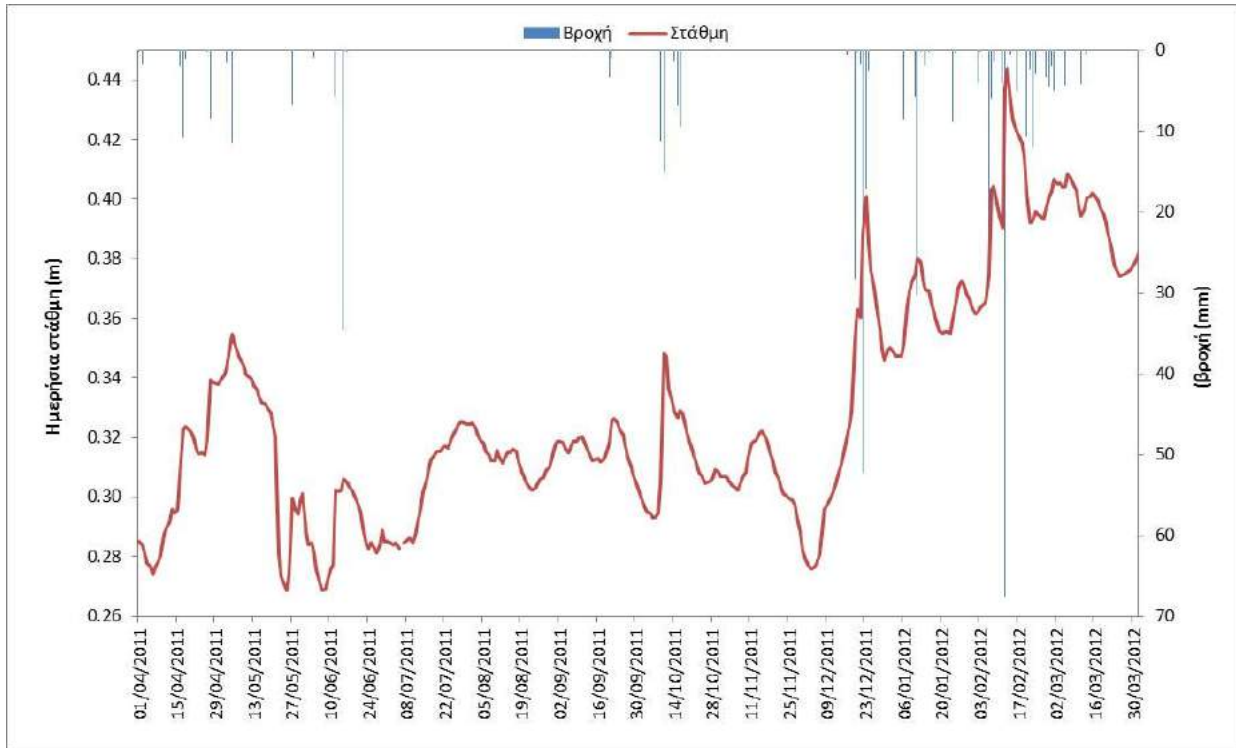
Q: οι εκροές από το θυρόφραγμα

RF: υπόγειες και επιφανειακές εισροές στην λίμνη

$\Delta V$ : η μεταβολή του όγκου της λίμνης στο τέλος κάθε υπολογιστικού βήματος

Τα δεδομένα ημερήσιας βροχόπτωσης, καθώς και τα μετεωρολογικά στοιχεία απαραίτητα για τον υπολογισμό της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής προέρχονται από τον μετεωρολογικό σταθμό της Ε.Μ.Υ. Ελευσίνα (βλ. §3.10). Η δυνητική εξατμισοδιαπνοή, λόγω της απουσίας δεδομένων ηλιοφάνειας, υπολογίστηκε με την εμπειρική μέθοδο Hargreaves (βλ. § 3.10.7).

Για τον προσδιορισμό της μεταβολής του όγκου της λίμνης σε ημερήσιο βήμα εγκαταστάθηκε αυτόματος σταθμός παρακολούθησης της στάθμης της λίμνης. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται σε ωριαίο βήμα με το όργανο σταθμημετρήσεων Level Troll 500 και εγκαταστάθηκε στο νοτιοανατολικό τμήμα της λίμνης, στις 01/04/2011 (Εικόνα 36). Από το διάγραμμα της διακύμανσης της στάθμης στη λίμνη Κουμουνδούρου προκύπτει ότι η στάθμη ανέρχεται κατά περίπου 8 cm (αντιστοιχούν σε περίπου 12.000 m<sup>3</sup>) κατά την περίοδο Απριλίου - Μαΐου, λόγω σημαντικών βροχοπτώσεων, ενώ έπειτα παρουσιάζεται απότομη μείωση λόγω της έναρξης της ξηρής περιόδου και ακολουθεί μια σταδιακή αύξηση της στάθμης έως τα τέλη Σεπτεμβρίου λόγω υπόγειων εισροών νερού στη λίμνη. Στη συνέχεια έχουμε σταδιακή αύξηση της στάθμης, η οποία συνδέεται με τις μεγάλες βροχοπτώσεις που παρατηρήθηκαν την περίοδο Δεκέμβριο 2011 - Μάρτιο 2012 (Εικόνα 36).



**Εικόνα 36:** Σχετική διακύμανση της στάθμης της λίμνης Κουμουνδούρου (τα δεδομένα βροχής που παρουσιάζονται στο διάγραμμα καλύπτουν την περίοδο 1/4/2011 - 31/03/2012)

Ο υπολογισμός των εκροών από το θυρόφραγμα έγινε με βάση τα γεωμετρικά του στοιχεία και τη εξίσωση Kindsvater & Carter (1957) για ορθογώνιο υπερχειλιστή (Εικόνα 37):

$$Q = (K_1 + K_2 \frac{h}{P}) * \frac{2}{3} * \sqrt{2g} * (b + K_b) * (h + 0.001)^{3/2} \text{ (Bos, 1976)}$$

όπου Q: η παροχή (m<sup>3</sup>/s)

h: η στάθμη του νερού πάνω από το θυρόφραγμα

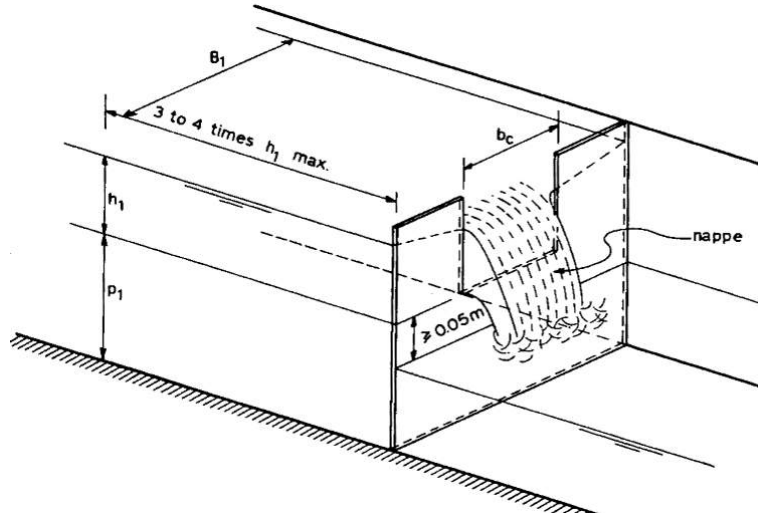
P: το ύψος του θυροφράγματος

b: το πλάτος του ανοίγματος του θυροφράγματος

g: η επιτάχυνση της βαρύτητας (9,81 m/s<sup>2</sup>)

K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>, K<sub>b</sub>: εμπειρικοί συντελεστές

Η παραπάνω σχέση δίνει αποτελέσματα μεγαλύτερης ακρίβειας όταν ισχύουν οι περιορισμοί:  $h \geq 0,03m$ ,  $h/p \geq 2$ ,  $p \geq 0,10m$  και  $b \geq 0,15m$ .



**Εικόνα 37:** Εκχειλιστής λεπτής στέψης ορθογώνιας διατομής (Bos, 1976)

Οι συντελεστές  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_b$  προκύπτουν από τον Πίνακας 13.

**Πίνακας 13:** Εμπειρικοί συντελεστές ορθογώνιου υπερχειλιστή (Kindsvater & Carter, 1957)

b/B	$K_1$	$K_2$	$K_b$
1.0	0.602	0.075	-0.0009
0.9	0.599	0.064	0.0037
0.8	0.597	0.045	0.0043
0.7	0.595	0.030	0.0041
0.6	0.593	0.018	0.0037
0.5	0.592	0.011	0.0030
0.4	0.591	0.0058	0.0027
0.3	0.590	0.0020	0.0025
0.2	0.589	-0.0018	0.0024
0.1	0.588	-0.0021	0.0024
0.0	0.587	-0.0023	0.0024

Με δεδομένο ότι στις 25/07/2011 το  $h$  ήταν 0,04m (μέτρηση υπαίθρου) και με τα δεδομένα στάθμης της λίμνης που πραγματοποιούνται υπολογίζονται οι εκροές από το θυρόφραγμα. Πρέπει να τονιστεί ότι στην προκειμένη περίπτωση, το θυρόφραγμα έχει δύο ανοίγματα (Εικόνα 38). Ωστόσο, λόγω της παρουσίας βλάστησης και άλλων εμποδίων, η εκροή δεν πραγματοποιείται ανεμπόδιστα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ιδιαίτερα στο αριστερό κατά τη ροή άνοιγμα. Για τον λόγο αυτό εκτιμήθηκε ότι

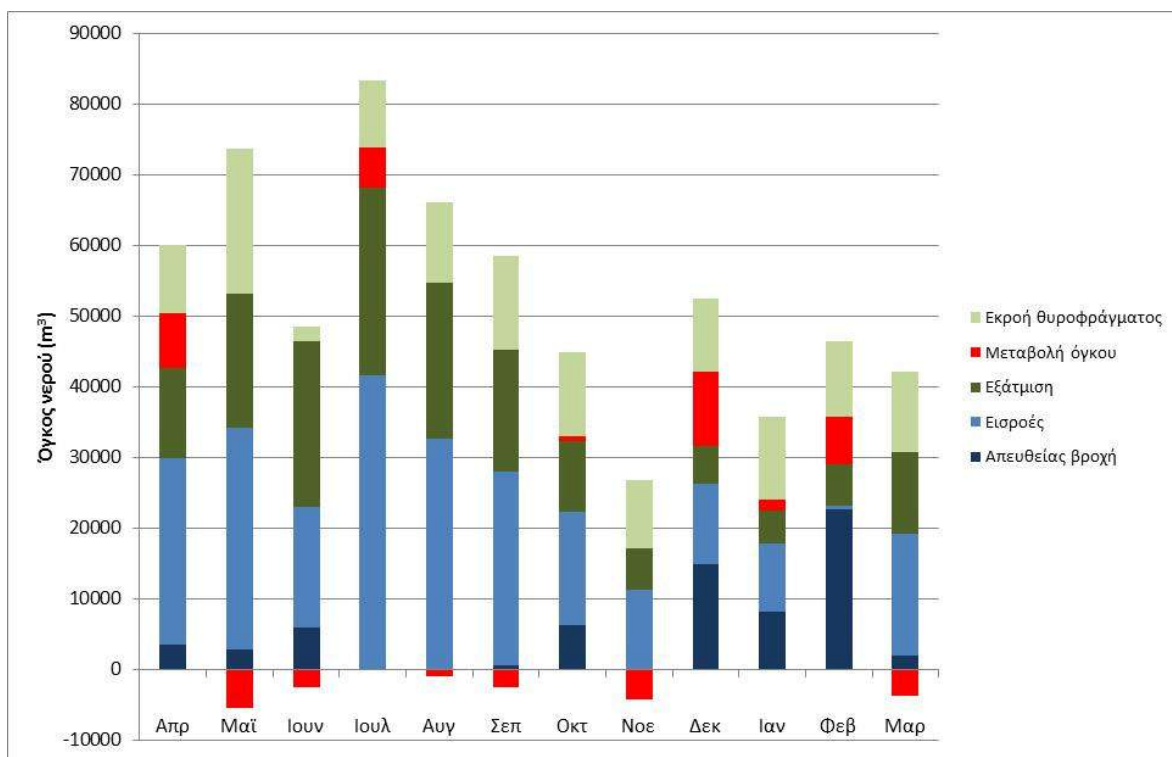
από από το 2<sup>ο</sup> άνοιγμα του θυροφράγματος εκρέει πραγματικά μόνο το 30% της υπολογιζόμενης παροχής.



**Εικόνα 38:** Το θυροφραγμα στην λίμνη Κουμουνδούρου

Με βάση τα παραπάνω, η μοναδική άγνωστη παράμετρος της σχέσης του υδατικού ισοζυγίου είναι οι εισροές στην λίμνη, οι οποίες αναφέρονται τόσο σε υπόγεια νερά, όσο και σε επιφανειακές απορροές που ωστόσο στην περίπτωση της λίμνης Κουμουνδούρου είναι περιστασιακές και μικρού όγκου.

Με βάση όλα τα παραπάνω υπολογίστηκε το υδατικό ισοζύγιο της λίμνης Κουμουνδούρου για την περίοδο ενός έτους (Απρίλιος 2011 - Μάρτιος 2012).



**Εικόνα 39:** Μηνιαίο υδατικό ισοζύγιο της λίμνης Κουμουνδούρου (Απρίλιος 2011 - Μάρτιος 2012)

**Πίνακας 14:** Μηνιαίο υδατικό ισοζύγιο της λίμνης Κουμουνδούρου (Απρίλιος 2011 - Μάρτιος 2012)

Μήνας	Απευθείας βροχή P (m³)	Υπόγειες και επιφανειακές εισροές RF (m³)	Εξάτμιση ET (m³)	Εκροή θυροφράγματος Q (m³)	Μεταβολή όγκου ΔV (m³)
Απρίλιος	3560.0	26459.9	12776.3	9530.8	7712.8
Μάιος	2900.7	31287.7	19020.5	20547.1	-5379.2
Ιούνιος	6094.4	17039.3	23302.0	2171.4	-2339.7
Ιούλιος	0.0	41674.4	26508.9	9379.7	5785.8
Αύγουστος	0.0	32664.6	22023.0	11514.1	-872.5
Σεπτέμβριος	630.0	27412.4	17191.0	13318.0	-2466.6
Οκτώβριος	6446.0	16022.0	9916.4	11827.0	724.7
Νοέμβριος	0.0	11404.0	5743.9	9774.5	-4114.5
Δεκέμβριος	15060.2	11242.6	5335.6	10490.3	10476.9
Ιανουάριος	8189.4	9747.5	4555.1	11721.3	1660.4
Φεβρουάριος	22780.8	489.1	5915.1	10731.7	6623.1
Μάρτιος	2080.3	17219.8	11569.2	11336.2	-3605.3
<b>Σύνολο</b>	<b>67741.6</b>	<b>242663.3</b>	<b>163857.0</b>	<b>132342.0</b>	<b>14205.9</b>

Με βάση τους υπολογισμούς προκύπτει ότι κατά την περίοδο Απριλίου 2011 - Μαρτίου 2012, οι πάσης είδους επιφανειακές και υπόγειες εισροές (εκτός της απευθείας βροχόπτωσης) στη λίμνη έφτασαν τις

242.663,3 m<sup>3</sup> (με συντριπτικό ποσοστό συμμετοχής των υπολίμνιων αναβλύσεων), ενώ η εξάτμιση από την λίμνη φτάνει τις 163.857,0 m<sup>3</sup> και η εκροή από το θυρόφραγμα τις 132.342,0 m<sup>3</sup>. Κατά τη συγκεκριμένη περίοδο, παρατηρήθηκε αύξηση του όγκου του νερού της λίμνης Κουμουνδούρου κατά 4,6% - 14.205,9 m<sup>3</sup> (Πίνακας 15, Εικόνα 39).

**Πίνακας 15:** Υδατικό ισοζύγιο λίμνης Κουμουνδούρου (Απριλίου 2011 - Μάρτιος 2012)

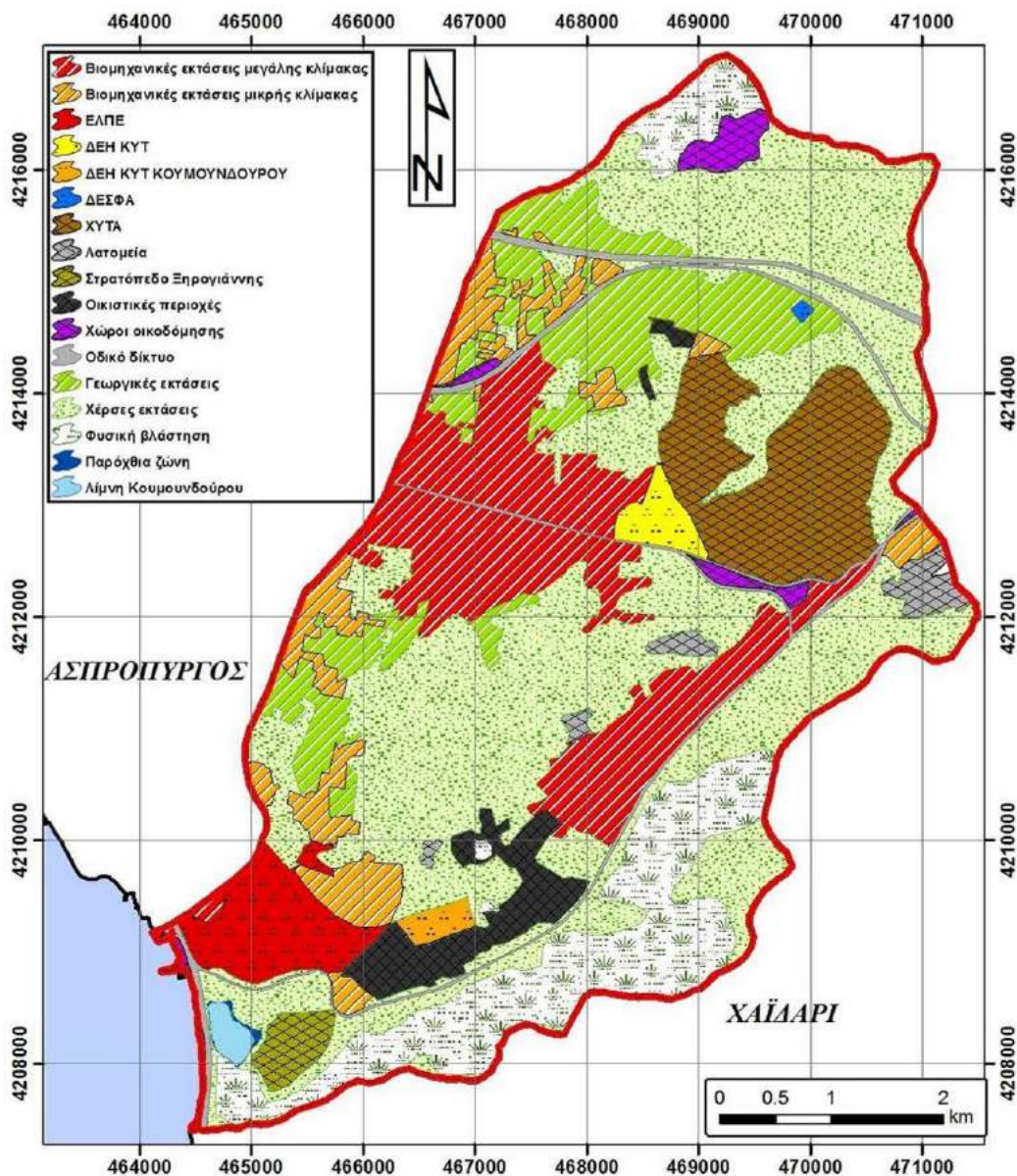
		Όγκος νερού (m <sup>3</sup> )		Όγκος νερού (%)
Εισροές	Απευθείας βροχή P (m <sup>3</sup> )	67.741,6	310.404,9	21,8
	Υπόγειες και επιφανειακές εισροές RF (m <sup>3</sup> )	242.663,3		8,2
Εκροές	Εξάτμιση ET (m <sup>3</sup> )	163.857,0	310.404,9	52,8
	Εκροή θυροφράγματος Q (m <sup>3</sup> )	132.342,0		42,6
	Μεταβολή όγκου ΔV (m <sup>3</sup> )	14.205,9		4,6

### 3.13. Χρήσεις γης στην περιοχή μελέτης

#### 3.13.1. Σημερινή κατάσταση

Βασικό χαρακτηριστικό της λεκάνης απορροής της λίμνης Κουμουνδούρου είναι ο βιομηχανικός της χαρακτήρας (Πίνακας 16, Εικόνα 40). Πιο συγκεκριμένα, σε ποσοστό 23,4% της περιοχής μελέτης οι χρήσεις γης σχετίζονται με μικρής και μεγαλύτερης έκτασης βιομηχανικές, βιοτεχνικές και εμπορικές δραστηριότητες.

Στο μεγαλύτερο ποσοστό της λεκάνης απορροής (50,6%) συναντώνται περιοχές με φυσική βλάστηση και χέρσες εκτάσεις (θαμνώδεις περιοχές και εκτάσεις που προήλθαν από υποβάθμιση δασών), ενώ σε ποσοστό 9,5% η περιοχή αποτελείται από γεωργική γη, η οποία σήμερα, καλλιεργείται μερικώς ή είναι εγκαταλελειμμένη. Σημαντική έκταση (7,2%) καταλαμβάνουν ακόμα οι εγκαταστάσεις του Χ.Υ.Τ.Α. της Μείζονος Περιοχής Αθηνών, όπου συναντώνται ο παλιός Χ.Δ.Α., εργοστάσιο και μονάδες επεξεργασίας και ανακύκλωσης απορριμμάτων, παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και αποτέφρωσης επικίνδυνων νοσοκομειακών αποβλήτων.



**Εικόνα 40:** Χρήσεις γης της υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Κουμουνδούρου (πηγή: CORINE, με τροποποιήσεις)

Οι οικιστικές περιοχές τέλος αποτελούν το 3,1% της έκτασης της υδρολογικής λεκάνης της Λίμνης Κουμουνδούρου και οι λοιποί χώροι οικοδόμησης το 1,2%, ενώ τα λατομεία (ενεργά και ανενεργά) καταλαμβάνουν επίσης το 1,2%. Σε επόμενο κεφάλαιο της παρούσας τεχνικής έκθεσης παρουσιάζονται αναλυτικά οι βιομηχανίες της περιοχής.

**Πίνακας 16:** Χρήσεις γης της υδρολογικής λεκάνης της Λίμνης Κουμουνδούρου.

Χρήσεις γης	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Έκταση (%)
Βιομηχανικές δραστηριότητες	9.10	23,4
Χ.Υ.Τ.Α.	2.82	7.3
Λατομεία	0.48	1.2
Στρατόπεδο Ξηρογιάννης	0.35	0.9
Οικιστικές περιοχές	1.23	3.2
Χώροι οικοδόμησης	0.48	1.2
Οδικό δίκτυο	0.93	2.4
Γεωργικές εκτάσεις	3.72	9.6
Φυσική βλάστηση	4.27	11.0
Χέρσες εκτάσεις	15.47	39.8
Λίμνη Κουμουνδούρου	0.14	0.4
Παρόχθια ζώνη	0.03	0.1
<b>Σύνολο</b>	<b>39.01</b>	<b>100.0%</b>

### 3.13.2. Διαχρονική μεταβολή των χρήσεων γης

#### 3.13.2.1 Μεθοδολογία

##### - Δορυφορικά δεδομένα

Για τη διεξαγωγή της ταξινόμησης των χρήσεων γης της υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Κουμουνδούρου χρησιμοποιήθηκαν 2 δορυφορικές εικόνες των δορυφόρων Landsat 2 MSS και Landsat 5, των ημερομηνιών 21/08/1977 και 16/09/2011 αντίστοιχα. Οι δορυφορικές εικόνες αποκτήθηκαν από τον ιστότοπο του Γεωλογικού Ινστιτούτου των Η.Π.Α (USGS).

##### - Αλγόριθμοι ταξινόμησης χρήσεων γης δορυφορικών εικόνων

Για την παραγωγή θεματικών χαρτών χρήσεων γης στην υδρολογική λεκάνη της λίμνης Κουμουνδούρου, χρησιμοποιήθηκαν 2 δορυφορικές εικόνες, οι οποίες υπέστησαν επεξεργασία έτσι ώστε να ανιχνευτούν οι αλλαγές που έλαβαν χώρα κατά τη χρονική περίοδο 1977-2011. Η ανάλυση και ταξινόμηση των δορυφορικών δεδομένων σε επιμέρους κατηγορίες εκτάσεων, οι οποίες παρουσιάζουν διαφορετικές φασματικές υπογραφές και επομένως αναπαριστούν διαφορετικές χρήσεις γης, πραγματοποιείται μέσω τριών προσεγγίσεων: α) της ελεγχόμενης, β) της αυτόματης και γ) της υβριδικής ταξινόμησης των κατηγοριών χρήσης γης.



Η ελεγχόμενη ταξινόμηση χρησιμοποιείται όταν ήδη υπάρχουν λεπτομερείς πληροφορίες για τις χρήσεις γης της υπό μελέτης περιοχής, μέσω χαρτών και εργασιών πεδίου και εφαρμόζεται συνήθως σε σχετικά μικρής έκτασης περιοχές. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, διερευνάται η δορυφορική εικόνα από τον ειδικό επιστήμονα, προκειμένου να βρεθούν και να επιλεγούν εκτάσεις που έχουν γνωστές χρήσεις γης, ώστε να αποτυπωθούν οι φασματικές υπογραφές τους και να τροφοδοτηθούν σε υπολογιστικό αλγόριθμο που θα ανιχνεύσει την εικόνα για να βρει και να καταγράψει όλες τις περιοχές που παρουσιάζουν ίδιες ή παραπλήσιες φασματικές υπογραφές.

Στην αυτόματη ταξινόμηση δεν απαιτείται ιδιαίτερη γνώση του υπάρχοντος καθεστώτος χρήσεως γης εκ των προτέρων, διότι η ταξινόμηση των διάφορων περιοχών της δορυφορικής εικόνας γίνεται με χρήση υπολογιστικών αλγορίθμων που ομαδοποιούν αυτόματα τις εν λόγω περιοχές, ανάλογα με τις φασματικές τους υπογραφές. Έτσι, το αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής είναι ένας χάρτης με συγκεκριμένο αριθμό κατηγοριών χρήσεων γης, που έχει προαποφασισθεί και εναπομένει στον επιστήμονα να ονοματίσει την κάθε κατηγορία, μέσω κυρίως επιτόπιων επισκέψεων στην περιοχή μελέτης.

Τέλος, υπάρχει και η υβριδική ταξινόμηση, στην οποία πραγματοποιείται αυτόματη ταξινόμηση, ενώ παράλληλα προϋπάρχει γνώση των χρήσεων γης της περιοχής μελέτης και ενσωματώνεται στην διαδικασία με τον ακριβή ορισμό των κατηγοριών χρήσεων γης και με την σύγκριση και διόρθωση των αποτελεσμάτων από ήδη υπάρχοντα σχετικά στοιχεία και χάρτες.

Στην συγκεκριμένη μελέτη, χρησιμοποιήθηκε η υβριδική προσέγγιση για την δημιουργία των χαρτών χρήσεων γης της υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Κουμουνδούρου, προκειμένου να βελτιστοποιηθεί το αποτέλεσμα. Επειδή οι δορυφορικές εικόνες προέρχονται από διαφορετικούς αισθητήρες, η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την ταξινόμηση των χρήσεων γης είναι διαφορετική. Στη δορυφορική εικόνα του Landsat 2 MSS (21/08/1977), αφού υποβλήθηκε στην κατάλληλη προ-επεξεργασία (ατμοσφαιρική και γεωμετρική διόρθωση), εφαρμόστηκε ο αλγόριθμος ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique). Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος ανιχνεύει τις φασματικές υπογραφές της εικόνας κατατάσσοντας κάθε εικονοστοιχείο (pixel) στις τάξεις που έχουν οριστεί εξ' αρχής. Μια διαδικασία η οποία επαναλαμβάνεται όσες φορές χρειαστεί μέχρις ότου το σφάλμα της ταξινόμησης πέσει κάτω από ένα ορισμένο όριο.

Ο λόγος που επιλέχθηκε ο ISODATA ως ο βέλτιστος αλγόριθμος για την παρούσα εργασία είναι τα καλύτερα αποτελέσματα που παράγαγε σε σχέση με τους υπόλοιπους που προσφέρει το λογισμικό ENVI 4.7. Πιο συγκεκριμένα, ο διαχωρισμός των κλάσεων ήταν πιο ξεκάθαρος και η παρουσία ανάμιξης μεμονωμένων pixel διαφορετικών κλάσεων σε κάποιες περιοχές ήταν η μικρότερη.

Αντίθετα, η ταξινόμηση της εικόνας του Landsat 5 (16/09/2011) δεν απέδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα με κανέναν από τους διαθέσιμους αλγόριθμους αυτόματης ταξινόμησης του ENVI 4.7. Γι' αυτό το λόγο προτιμήθηκε η ελεγχόμενη ταξινόμηση, και συγκεκριμένα η μέθοδος Spectral Angle Mapper (SAM), κατά την οποία αποτυπώθηκαν οι ψηφιακές υπογραφές γνωστών χρήσεων γης της περιοχής και το λογισμικό με τη σειρά του εντόπισε όλες τις εκτάσεις που παρουσιάζουν παρόμοιες υπογραφές. Οι χρήσεις γης που αποτυπώθηκαν, εξακριβώθηκαν αρχικά μέσω της δορυφορικής εικόνας, της οποίας η υψηλή ανάλυση (30μ.) καθιστά δυνατή την αναγνώριση των κύριων χρήσεων γης και στη συνέχεια επαληθεύτηκαν μέσω των δεδομένων του ευρωπαϊκού καταλόγου κάλυψης της γης, CORINE 2000. Η εκάστοτε ταξινόμηση έδωσε ως αποτέλεσμα ένα θεματικό χάρτη κάλυψης/χρήσης γης (έναν για κάθε χρονολογία), οι οποίοι εισήχθησαν στο λογισμικό ArcGIS και μετατράπηκαν σε raster αρχεία. Στη συνέχεια, έγινε περαιτέρω επεξεργασία των κλάσεων με σκοπό να εξαλειφθούν κάποια μεμονωμένα pixels και να ενοποιηθούν κάποια άλλα με παρόμοιες ψηφιακές υπογραφές (π.χ. διαφορετικού είδους βλάστηση) ενώ δόθηκε και από το χρήστη η ονοματολογία των κλάσεων χρήσεων γης.

Στο τελικό στάδιο, ποσοτικοποιήθηκαν οι χρήσεις γης όσον αφορά στον υπολογισμό της έκτασής τους, των ποσοστών της έκτασης που καταλαμβάνουν στην υδρολογική λεκάνη και των ποσοστιαίων διαχρονικών μεταβολών τους κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου 1977-2011.

### **3.13.2.2 Αποτελέσματα**

Με την ανάλυση και επεξεργασία των διαθέσιμων δορυφορικών εικόνων και την εφαρμογή των αλγόριθμων ταξινόμησης, οι χάρτες χρήσεων γης που δημιουργήθηκαν παρουσιάζουν τις κάτωθι 6 κατηγορίες χρήσεων γης: 1) Υδάτινο σώμα (λίμνη Κουμουνδούρου), 2) Φυσική Βλάστηση, 3) Γεωργικές Εκτάσεις, 4) Χέρσες Εκτάσεις και 5) Βιομηχανικές Εκτάσεις-Οικιστικές Περιοχές (Εικόνα 41).

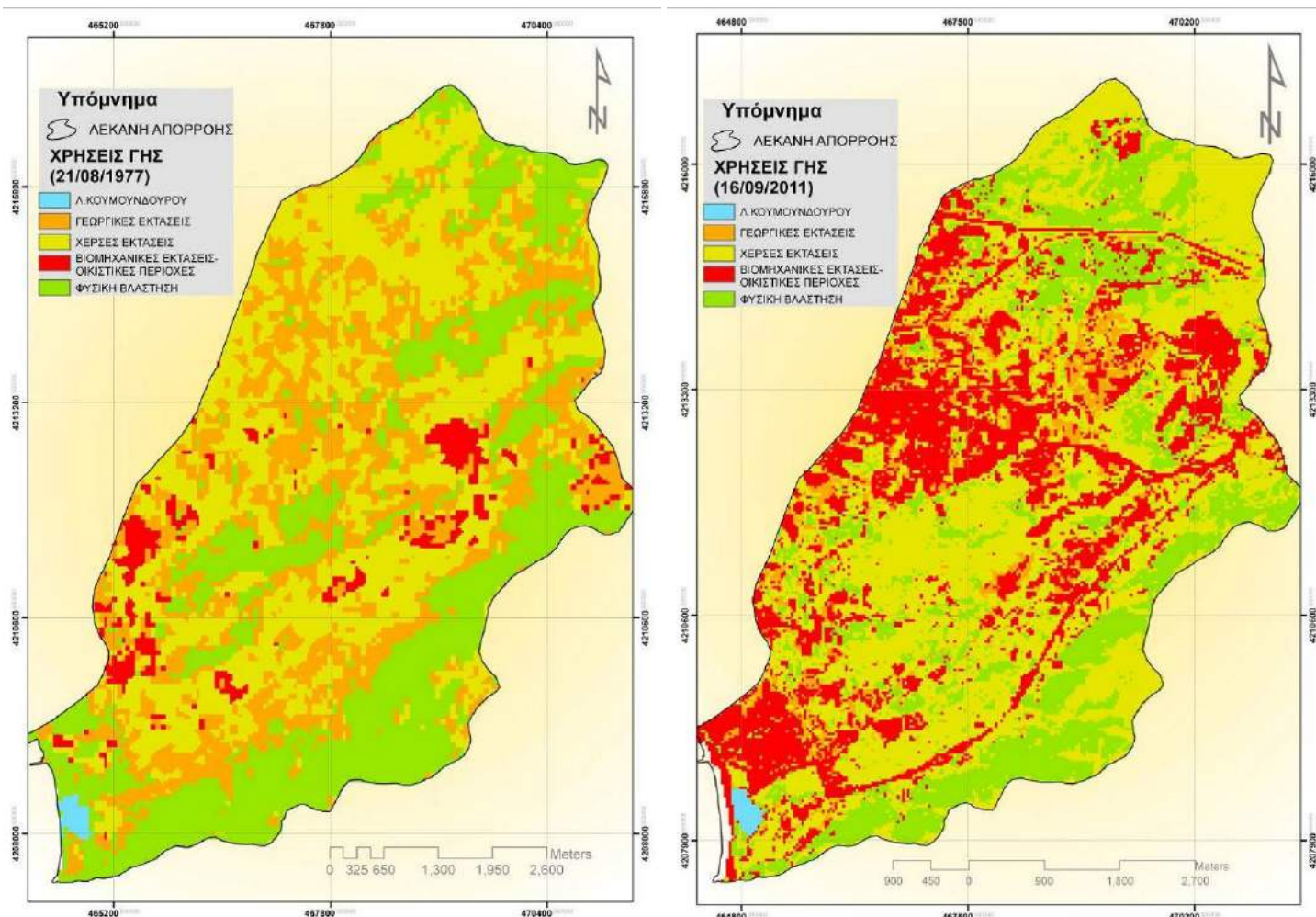
Όσον αφορά στη δορυφορική εικόνα του 1977, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο τμήμα της υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Κουμουνδούρου καταλαμβάνεται από χέρσα γη (35.6%), η οποία εντοπίζεται σε ολόκληρη σχεδόν την περιοχή. Στη δεύτερη θέση κάνει την εμφάνισή της η φυσική βλάστηση με ποσοστό της τάξης 30.2% στην οποία επίσης συγκαταλέγονται τα δάση και τα λιβάδια που απαντώνται κυρίως στα περιθώρια της υδρολογικής λεκάνης και στους λόφους που υπάρχουν στην περιοχή μελέτης. Η φυσική βλάστηση εκτείνεται κυρίως νοτιοανατολικά της λεκάνης και πλαισιώνει τη λίμνη Κουμουνδούρου η οποία κατέχει έκταση ίση με 152.131,1 m<sup>2</sup> και ποσοστό 0.39% επί της συνολικής λεκάνης (Πίνακας 17). Την τρίτη θέση στη λεκάνη απορροής καταλαμβάνουν οι καλλιέργειες με έκταση που αγγίζει το 29.6%, γεγονός που υποδεικνύει τον ύπαρξη σημαντικών γεωργικών εκτάσεων έως και το τέλος της δεκαετίας του 70. Όσον αφορά στους οικισμούς και τις βιομηχανίες, παρατηρείται ότι κατά την συγκεκριμένη περίοδο (1977) κάλυπταν περίπου το 4.25% της υδρολογικής λεκάνης και εμφανίζονταν κυρίως στο ανατολικό και δυτικό τμήμα της λεκάνης απορροής. Οι οικισμοί εμφανίζονται στην ίδια κατηγορία με τις βιομηχανίες, τους δρόμους, τις αθλητικές εγκαταστάσεις, αλλά και με τη χωματερή, διότι οι ψηφιακές υπογραφές αυτών των κατηγοριών χρήσης γης είναι παραπλήσιες και έτσι οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιήθηκαν δεν κατάφεραν να τις διαχωρίσουν. Για τον ίδιο λόγο τα λιβάδια, τα δάση και οι θαμνότοποι συμπεριλαμβάνονται στην ευρύτερη κατηγορία της φυσικής βλάστησης.

**Πίνακας 17:** Χρήσεις γης της υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Κουμουνδούρου

Χρήσεις γης	1977		2011		Μεταβολή (%)
	Έκταση (m <sup>2</sup> )	Έκταση (%)	Έκταση (m <sup>2</sup> )	Έκταση (%)	
Λ. Κουμουνδούρου	152131.1	0.39	126105.3	0.33	- 0.72
Φυσική Βλάστηση	11778262	30.2	8347159	21.5	- 8.73
Γεωργικές Εκτάσεις	11528581	29.6	2705803	6.96	- 22.61
Χέρσες Εκτάσεις	13870986	35.6	17384973	44.8	+ 9.17
Βιομηχανικές Εκτάσεις-Οικιστικές Περιοχές	1654987.2	4.25	10288822	26.5	+ 22.23

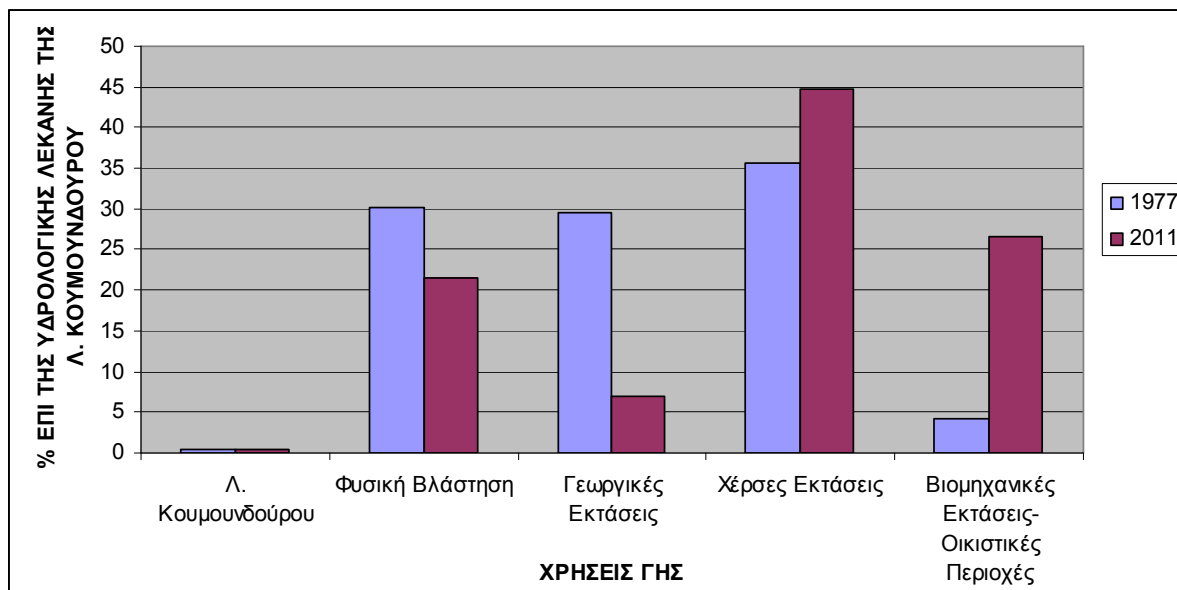
Μελετώντας τις χρήσεις γης της ημερομηνίας 09/2011, παρατηρείται αρχικά η σημαντική βιομηχανική ανάπτυξη της λεκάνης απορροής της λίμνης με ταυτόχρονη μείωση του αγροτικού χαρακτήρα της περιοχής σε σχέση με το '77. Παρόλα αυτά, η χέρσα γη εξακολουθεί να καταλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα της υδρολογικής λεκάνης (17.384.973 m<sup>2</sup> - 44.8%) ενώ η επιφάνεια νερού που αντιστοιχεί στην λίμνη Κουμουνδούρου είναι ανεπαίσθητα μειωμένη (0.33 % της συνολικής έκτασης) συγκριτικά με

την επιφάνεια που κάλυπτε το 1977. Οι μεγαλύτερες διαφορές που εντοπίζονται μεταξύ των χρήσεων γης των δύο ημερομηνιών είναι η έντονη αύξηση της έκτασης των οικισμών-βιομηχανιών κατά 22.2% και η παράλληλη μείωση των καλλιεργειών κατά 22.6%. Οι καλλιέργειες που εμφανίζονται το 2011 και καλύπτουν περίπου το 7% της υπό μελέτη περιοχής, είναι παλαιότερες εκτάσεις γεωργικής γης που σήμερα καλλιεργούνται μερικώς ή είναι εγκαταλελειμμένες οπότε και αποτελούν χέρσες εκτάσεις. Στη χρήση γης βιομηχανιών-οικισμών συμπεριλαμβάνεται επίσης το στρατόπεδο ανεφοδιασμού καυσίμων, που βρίσκεται ανατολικά της λίμνης, καθώς και ο νέος Χ.Υ.Τ.Α. Α. Λιοσίων βόρεια του Ασπροπύργου, ο οποίος αντικατέστησε την παλιά χωματερή (Χ.Δ.Α.). Όσον αφορά στη χρήση γης της φυσικής βλάστησης του 09/2011, η έκτασή της παρουσιάζεται μειωμένη κατά 8.7% σε σχέση με τον 08/1977 και καταλαμβάνει το 21.5% της συνολικής έκτασης (Εικόνα 42).



**Εικόνα 41:** Χάρτες χρήσεων γης της υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Κουμουνδούρου, των ημερομηνιών 21/08/1977 και 16/09/2011 αντίστοιχα.

Η διαχρονική μεταβολή της επιφάνειας της λίμνης σχετίζεται περισσότερο με την εποχή και το ύψος της στάθμης της παρά με την αλληλεπίδρασή της με κάποια άλλη χρήση γης.



**Εικόνα 42:** Διάγραμμα ποσοστιαίων εκτάσεων των χρήσεων γης στην υδρολογική λεκάνη της Λ. Κουμουνδούρου τις χρονιές 1977 και 2011.

### 3.14. Προστατευόμενες περιοχές

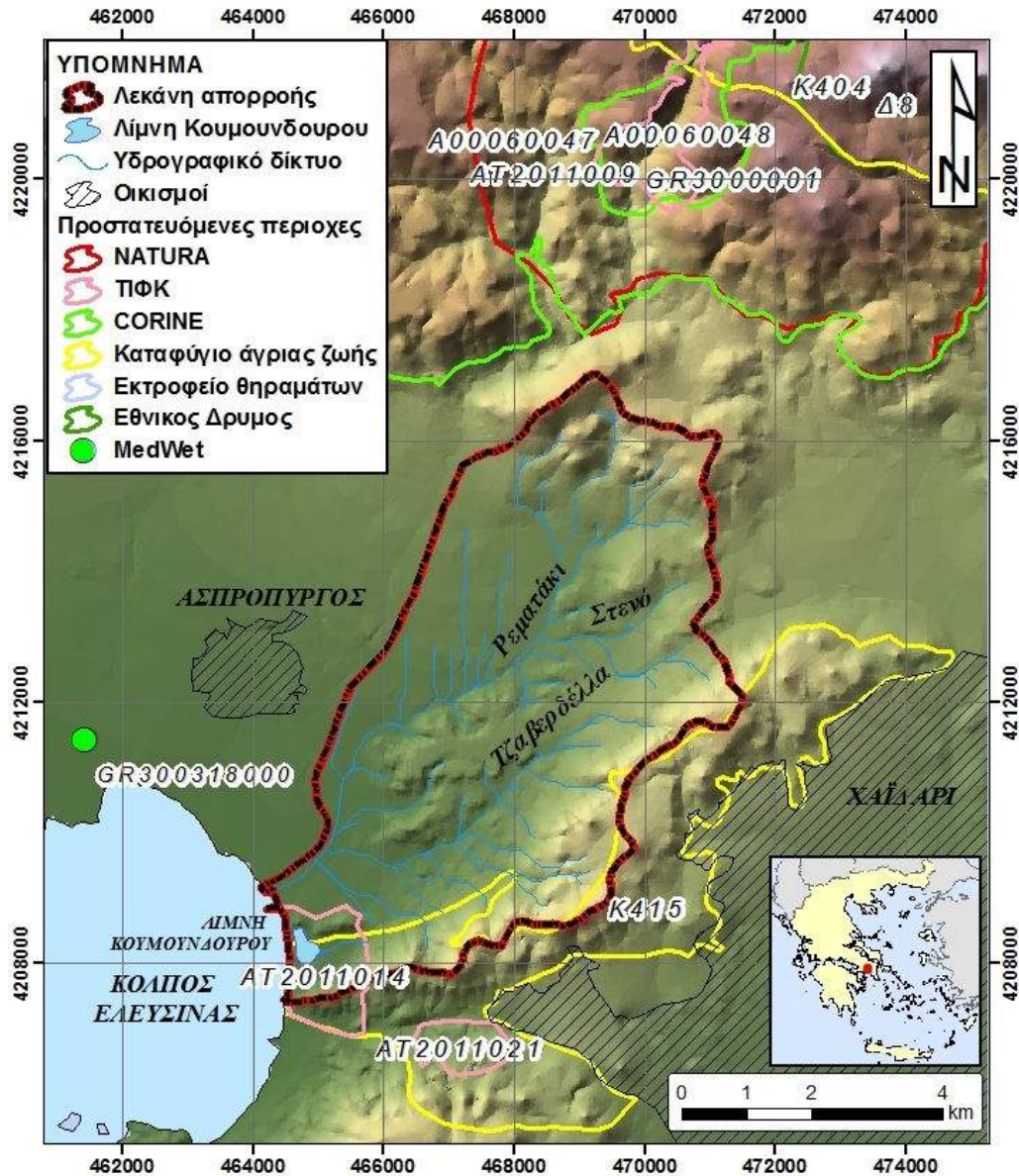
Η δυτική Αττική αποτελεί μία περιοχή η οποία παρά τις πολλαπλές πιέσεις που δέχεται, χαρακτηρίζεται ακόμα για την πλούσια πανίδα και χλωρίδα που διαθέτει (Πίνακας 18, Εικόνα 43). Στην στενή περιοχή μελέτης συναντώνται το Καταφύγιο Άγριας Ζωής "Δημ. Δάσος Αιγάλεω (Καματερού - Πετρούπολης)" που θεσμοθετήθηκε με το υπ' αρ. Κ415 (ΦΕΚ 683/Β/76). Από το σύνολο της προστατευόμενης αυτής περιοχής (19,5 km<sup>2</sup>), το 15% περίπου βρίσκεται εντός της υδρολογικής λεκάνης της Λίμνης Κουμουνδούρου, στο νότιο τμήμα αυτής.

Παράλληλα, η Λίμνη Κουμουνδούρου και τα περίχωρα αυτής έχουν χαρακτηριστεί ως Τοπία Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους, στα πλαίσια του προγράμματος "Οριοθέτηση και Καθορισμός Μέτρων Προστασίας Τοπίων Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους" του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. (1996-1999, ΑΤ2011014 - Λίμνη Κουμουνδούρου και Λόφος Ηχούς), λόγω τόσο της ιστορικής και αρχαιολογικής αξίας της περιοχής, όσο και λόγω της μεγάλης οικολογικής της σημασίας. Από την συνολική έκταση της περιοχής, αυτής, το 73% βρίσκεται εντός της υδρολογικής λεκάνης της Λίμνης Κουμουνδούρου.

Αναφορά πρέπει να γίνει ακόμα στο Τοπίο Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους *Μονή Δαφνίου* (ΑΤ2011021), το οποίο βρίσκεται σε μικρή απόσταση, νότια της υδρολογικής λεκάνης της Λίμνης Κουμουνδούρου και έχει μεγάλο αρχαιολογικό, θρησκευτικό και οικολογικό ενδιαφέρον.

**Πίνακας 18:** Προστατευόμενες περιοχές στην στενή και ευρύτερη περιοχή μελέτης.

Ονομασία τόπου	Είδος	Κωδικός	Συνολική έκταση (km <sup>2</sup> )
Δημ. Δάσος Αιγάλεω (Καματερού-Πετρούπολης)	Καταφύγιο άγριας ζωής	Κ415	19,53
Λίμνη Κουμουνδούρου και Λόφος Ηχούς	Τοπίο ιδιαίτερου φυσικού κάλλους	ΑΤ2011014	2,09
Μονή Δαφνίου	Τοπίο ιδιαίτερου φυσικού κάλλους	ΑΤ2011021	0,94
Όρος Πάρνηθα	NATURA	GR3000001	149,02
Όρος Πάρνηθα	CORINE	A00060047	313,00
Άρμα και φαράγγι Γκούρας	CORINE	A00060048	5,49
Δασόκτημα Τατοΐου-Σαλονίκης Λοιμικού-Συνιδιόκτητο Δάσος Γκούρα-Πάρνηθας	Καταφύγιο άγριας ζωής	Κ404	116,93
Πάρνηθα (Αχαρνών)	Εκτροφείο θηραμάτων	Ε12	0,32
Άρμα και φαράγγι Γκούρας	Τοπίο ιδιαίτερου φυσικού κάλλους	ΑΤ2011009	2,31
Πάρνηθα	Εθνικός Δρυμός	Δ8	39,50



**Εικόνα 43:** Περιοχές υπό καθεστώς προστασίας στην ευρύτερη περιοχή της υδρολογικής λεκάνης της Λίμνης Κουμουνδούρου.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η Λίμνη Κουμουνδούρου πρόσφατα συμπεριλήφθηκε στην λίστα με τους σημαντικότερους υγροτόπους της Αττικής από την Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία (Τζάλη, κ.α., 2009), καθώς στη λίμνη, παρά το μικρό της μέγεθος, φιλοξενείται μεγάλος αριθμός υδρόβιων και γλαρόμορφων πουλιών, ενώ παράλληλα συμπεριλαμβάνεται στη βάση δεδομένων των Μεσογειακών

Υδροτόπων του προγράμματος MedWet (1992-1996, λίμνη Κουμουνδούρου - GR300318000, Zalidis, e al., 1995, [http://62.103.37.19/panmediteranean/edit/site\\_id/349](http://62.103.37.19/panmediteranean/edit/site_id/349)).

Τέλος, το βόρειο όριο της υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Κουμουνδούρου είναι οι απολήξεις του όρους Πάρνηθας, όπου εντοπίζονται ο βιότοπος Natura Όρος Πάρνηθα (GR3000001), οι βιότοποι CORINE Όρος Πάρνηθα (A00060047) και Άρμα και φαράγγι Γκούρας (A00060048), το Καταφύγιο Άγριας Ζωής Δασόκτημα Τατοΐου Λοιμικού - Συνιδιόκτητο Δάσος Γκούρα - Πάρνηθας (K404) και το εκτροφείο Θηραμάτων Πάρνηθα (Αχαρνών) (E12).

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι με βάση το άρθρο 21 του Ν.2742/1999 (ΦΕΚ 207Α/99) περί τον Καθορισμό ορίων ζωνών προστασίας του Όρους Αιγάλεω, η ευρύτερη περιοχή της λίμνης Κουμουνδούρου χαρακτηρίζεται ως περιοχή περιαστικού πάρκου της Δυτικής Πύλης της Αθήνας (ζώνη Ζ1) και προβλέπονται λειτουργίες αναψυχής υπαίθριων πολιτιστικών εκδηλώσεων, ελεύθερου πρασίνου, εκπαιδευτικών κατασκηνώσεων, χωρίς μόνιμες εγκαταστάσεις και χώρων αθλοπαιδιών μικρής κλίμακας, και επιτρέπεται η ανέγερση περιπτέρων αναψυχής, περιπτέρων ιστορικής και περιβαλλοντικής ενημέρωσης για την περιοχή, καθώς και αναψυκτήρια.



### 3.15. Χλωρίδα και πανίδα

#### - Χλωρίδα

Στην ευρύτερη περιοχή μελέτης της λίμνης Κουμουνδούρου εντοπίζονται τα παρακάτω είδη χλωρίδας, τα περισσότερα από τα οποία είναι χαρακτηριστικά είδη υφάλμυρου περιβάλλοντος (Εικόνα 44):

- *Phragmites australis* (νεροκάλαμο): καλύπτει μεγάλο μέρος των παρόχθιων περιοχών, ενώ επεκτείνεται και μέσα στην λίμνη.
- *Juncus effusus* (βούρλο)
- *Juncus marinus* (βούρλο)
- *Arthrocnemum fruticosum* (αλόφυτο)
- *Cakile maritima* (αλόφυτο): νιτρόφιλη βλάστηση
- *Chara hispida* (χαρόφυτο)
- *Potamogeton filiformis* (ποταμογείτονας - τραχειόφυτο)
- *Potamogeton pectinatus* (ποταμογείτονας - τραχειόφυτο)
- *Ruppia cirrhosa* (αγγειόσπερμο)
- *Carex sp.* (σπαθόχορτο ή κάρηκες ή ξιφάρες)
- *Filamentous algae* (αλγη)
- *Limonium gmelinii*
- *Arthrocnemum fruticosum* (θάμνοι)

Παράλληλα, παρόχθια της λίμνης (νότια) παρατηρείται αλσύλλιο από ευκαλύπτους, πεύκα, κυπαρίσσια, ακακίες και αλμυρικά. Στις λοφώδεις περιοχές βόρεια φύονται κοινά ξηροφυτικά φυτά της Αττικής, όπως θυμάρι, αγριλιές, αφάνες, σκυλοκρεμμύδες, πουρνάρια, κ.α. (Ε.Κ.Θ.Ε., 1994).



*Phragmites australis* (νεροκάλαμο)



*Juncus sp.* (βούρλο)



*Filamentous algae* (αλγη) στην επιφάνεια της λίμνης



*Chara*

**Εικόνα 44:** Σημαντικά είδη χλωρίδας στην λίμνη Κουμουνδούρου

#### - Πανίδα

Η πανίδα της περιοχής μελέτης είναι αρκετά πλούσια και ενδιαφέρουσα. Μαρτυρίες αναφέρουν ότι η λίμνη Κουμουνδούρου παλαιότερα, όταν η επικοινωνία της με την θάλασσα ήταν καλύτερη και οι ρυπαντικές πιέσεις μικρότερες, ήταν πλούσια σε ψάρια (κυρίως κέφαλους, λαυράκια, χέλια, κ.α.).

Πιο συγκεκριμένα, με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης του Ε.Κ.Θ.Ε. (1994), το 98% των ψαριών της λίμνης αποτελούνταν από κεφαλοειδή και ιδιαίτερα των γενών *Mugil cephalus* και *Liza saliens*, είδη που συναντώνται και στον Σαρωνικό κόλπο. Ιδιαίτερα μεγάλος ήταν και ο αριθμός του γόνου των ειδών αυτών που εντοπίστηκαν στην λίμνη κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Παράλληλα, στην λίμνη εντοπίστηκε σημαντικός αριθμός χελιών (*Anguilla anguilla*). Καταφύγιο των ψαριών με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής αποτελούσαν οι καλαμιώνες στο βορειοανατολικό τμήμα της λίμνης.

Η Λίμνη Κουμουνδούρου αποτελεί για πολλά είδη πουλιών τόπο διαχείμασης και αναπαραγωγής, ενώ για άλλα είδη αποτελεί μόνιμο τόπο διαμονής. Στην περιοχή έχουν εντοπιστεί 10 είδη υδρόβιων πουλιών, ενώ χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι ο αριθμός των υδρόβιων πουλιών που φιλοξενούνται στην περιοχή είναι ο μεγαλύτερος συγκριτικά με τους υπόλοιπους βιότοπους της Αττικής. Αντίθετα, τα παρυδάτια πουλιά απουσιάζουν εντελώς από την Λίμνη Κουμουνδούρου, λόγω κυρίως της απουσίας λασπωδών περιοχών περιμετρικά (Τζάλη, κ.α., 2009).

Πιο συγκεκριμένα, στην Λίμνη Κουμουνδούρου εντοπίζονται 38 είδη πουλιών, κυρίως στουθιόμορφα (20 είδη), υδρόβια (10 είδη) και αρπακτικά, γλαρόμορφα και καλοβατικά (8 είδη). Στη περιοχή εντοπίστηκαν είδη όπως Χουλιάρόπαπια (*Anas clypeata*), Κιρκίρι (*Anas crecca*), Γρισάρι (*Aythya ferina*), Καπακλής (*Anas strepera*), Σφυριχτάρι (*Anas penelope*), Κύκνος (*Cygnus olor*), νερόκοτες, φαλαρίδες και νανοβουτηχτάρια, ερωδιοί (λευκοτσικνιάς, σταχτοτσικνιάς), γλάροι (ασημόγλαροι, καστανοκέφαλοι) (Τζάλη, κ.α., 2009).

Στη Λίμνη Κουμουνδούρου εντοπίζονται επίσης και τα παρακάτω είδη πουλιών (Τζάλη, κ.α., 2009), για τα οποία προβλέπονται ειδικά μέτρα διατήρησης, για την εξασφάλιση της επιβίωσής και της αναπαραγωγής τους σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Οδηγίας για τα πουλιά 79/409/ΕΟΚ - Παράρτημα Ι:

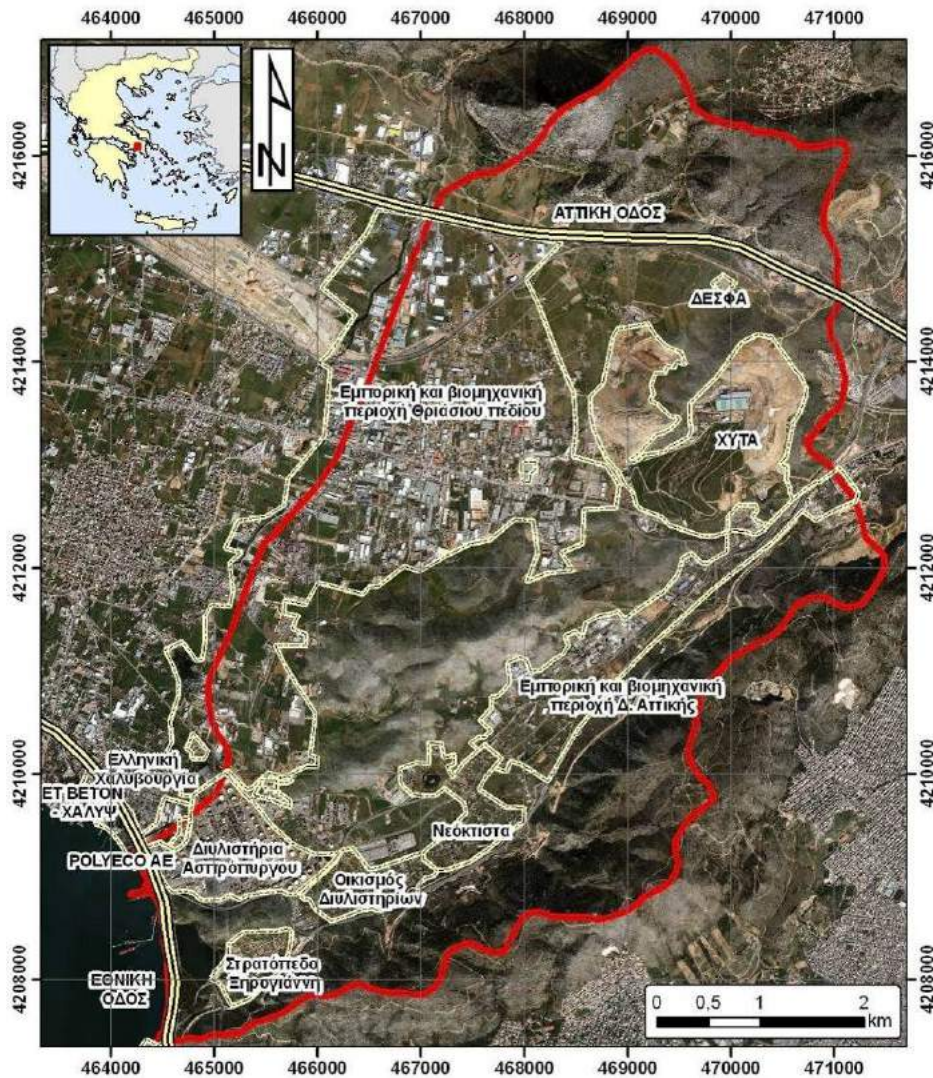
- *Alcedo atthis* (Αλκυόνη)
- *Aythya nyoca* (Βαλτόπαπια)
- *Buteo rufinus* (Αετογερακίνα)
- *Egretta garzetta* (Λευκοτσικνιάς)
- *Larus melanocephalus* (Μαυροκέφαλος Γλάρος)

Από τα είδη που περιλαμβάνονται στο Κόκκινο Βιβλίο των Απειλούμενων Ζώων της Ελλάδας (Λεγάκις, Α. & Μαραγκού, Π., 2009), τα ακόλουθα συναντώνται στην λίμνη Κουμουνδούρου (Τζάλη, κ.α., 2009):

- *Buteo rufinus* (Αετογερακίνα)
- *Aythya nyoca* (Βαλτόπαπια)
- *Larus melanocephalus* (Μαυροκέφαλος Γλάρος)
- *Anas strepera* (Καπακλής)

#### 4. ΠΙΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Η υδρολογική λεκάνη της λίμνης Κουμουνδούρου εντοπίζεται σε μία από τις πιο έντονα βιομηχανοποιημένες και αστικοποιημένες περιοχές της Ελλάδας, το Θριάσιο πεδίο. Πλήθος βιομηχανιών και βιοτεχνιών επιβαρύνουν την περιοχή, όπως και οι υποστηρικτικές υπηρεσίες τους (σημεία εφοδιασμού, δίκτυο μεταφορών). Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο γίνεται μια καταγραφή και περιγραφή των βασικότερων βιομηχανικών συγκροτημάτων που βρίσκονται στην περιοχή μελέτης ενώ παρουσιάζεται και μια ποσοτική εικόνα των διαφόρων σημειακών και μη σημειακών πηγών ρύπανσης (Εικόνα 45).



**Εικόνα 45:** Οι σημαντικότερες ρυπαντικές πιέσεις στην υδρολογική λεκάνη της λίμνης Κουμουνδούρου.

## 4.1. Σημειακές πηγές ρύπανσης

### 4.1.1. Βιομηχανική δραστηριότητα

Στην υδρολογική λεκάνη της λίμνης Κουμουνδούρου, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, βρίσκονται πληθώρα βιομηχανικών μονάδων και βιοτεχνιών, τα απόβλητα των οποίων σε κάποιο ποσοστό ενδέχεται να καταλήγουν σε ρέματα και στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα, δημιουργώντας έτσι σημαντικές ρυπαντικές πιέσεις στη ευρύτερη περιοχή. Η πλειονότητα των επιχειρήσεων εντοπίζονται στο πεδινό τμήμα της περιοχής μελέτης, δυτικά και νότια των λόφων Μασούρη, Κάστρο Ζάστανη και Μυτούλα (Παράρτημα II, Χάρτης ανθρωπογενών δραστηριοτήτων υδρολογικής λεκάνης λίμνης Κουμουνδούρου).

Πιο συγκεκριμένα, μια από τις μεγαλύτερες βιομηχανίες στην υδρολογική λεκάνη της λίμνης Κουμουνδούρου, είναι τα Διυλιστήρια Ασπρόπυργου του ομίλου Ελληνικά Πετρέλαια Α.Ε. και οι σύνοδες τους εγκαταστάσεις. Πρόκειται για ένα συγκρότημα μονάδων διύλισης, μετατροπής βαρέων κλασμάτων σε λευκά προϊόντα, ατμοσφαιρικής απόσταξης, αναμόρφωσης, ισομερισμού, υδρογονοαποθείωσης, απόσταξης υπό κενό, καταλυτικής υδρογονοπυρόλυσης, καθώς και βοηθητικές μονάδες, μεταξύ των οποίων και μονάδα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Ακόμα, στην περιοχή συναντώνται εγκαταστάσεις εταιρειών ανεφοδιασμού καυσίμων, οι οποίες περιλαμβάνουν δεξαμενές υγρών καυσίμων, μονάδα ανάκτησης ατμών και μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων.

Παράλληλα συναντώνται δύο χαλυβουργίες. Πρόκειται για την ΕΤ ΒΕΤΟΝ - ΧΑΛΥΨ με ένα εργοστάσιο τσιμέντου βόρεια - βορειοδυτικά της λίμνης Κουμουνδούρου (Εργοστάσιο Τσιμέντου Χάλυψ) και μία μονάδα Ετ Μπετόν (έτοιμοι σκυροδέματος) στη Θέση Πηγάδι Τζαβερδέλλας, και την Χαλυβουργία Ελλάδος, με ένα χαλυβουργείο, ελασματοουργείο επιμήκων προϊόντων, εργοστάσιο παραγωγής πλεγμάτων, καθώς και στεγασμένες αποθήκες φύλαξης χαλύβων και πλεγμάτων. Τέλος, παραλιακά συναντάται μία βιομηχανία ολοκληρωμένης διαχείρισης και αξιοποίησης αποβλήτων (POLYECO Α.Ε.).

Στο δυτικό - βορειοδυτικό τμήμα της λεκάνης απορροής της λίμνης Κουμουνδούρου εντοπίζεται η βιομηχανική και εμπορική περιοχή του Θριάσιου πεδίου, ενώ στο ανατολικό - νοτιοανατολικό τμήμα εντοπίζεται η βιομηχανική και εμπορική περιοχή της Δυτικής Αττικής. Στις περιοχές αυτές συναντώνται μεγάλες βιομηχανίες όπως η HELLENIC PLASTIC Α.Ε. και η ΜΕΒΓΑΛ Α.Ε.,

βιοτεχνίες και εμπορικές επιχειρήσεις (πλυντήρια, επιπλοποιία, κατασκευή ναυτιλιακών ειδών, μάντρες αυτοκινήτων, οικοδομικά υλικά, κα).

Στο βόρειο τμήμα της λεκάνης απορροής συναντάται το Κέντρο Διανομής Φυσικού Αερίου (ΔΕΣΦΑ).

Ανατολικά της λίμνης Κουμουνδούρου εντοπίζεται το στρατόπεδο "Ξηρογιάννη", όπου εκτός από στρατιωτικές εγκαταστάσεις συναντώνται και εγκαταστάσεις καυσίμων, οι οποίες είναι συνδεδεμένες μέσω αγωγού με τα Ελληνικά Πετρέλαια Α.Ε. Ασπροπύργου. Από τις εγκαταστάσεις αυτές παραλαμβάνεται πετρέλαιο για την κάλυψη των αναγκών διαφόρων μονάδων και εκτός του στρατοπέδου.

Στα πλαίσια της μελέτης έγινε μία προσπάθεια απογραφής των επιχειρήσεων που εδρεύουν εντός της υδρολογικής λεκάνης της Λίμνης Κουμουνδούρου. Τελικά, εντοπίστηκαν 277 επιχειρήσεις, πολλές από τις οποίες είναι υψηλής - μέσης όχλησης, ενώ κάποιες είναι εξαιρετικά υψηλής όχλησης για το περιβάλλον και παρουσιάζονται σε σχετικό χάρτη που βρίσκεται στο παράρτημα της παρούσας τεχνικής έκθεσης καθώς και στην Εικόνα 46.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί (Εικόνα 46) δίνεται η κατανομή των επιχειρήσεων που εντοπίζονται σε διάφορες δραστηριότητες. Από αυτό προκύπτει ότι οι περισσότερες επιχειρήσεις (ποσοστό 26,2%) ασχολούνται με κάποιας μορφής εμπόριο. Το 10,4% αυτών εξειδικεύεται στον χώρο του εμπορίου, συντήρησης και επισκευής οχημάτων (ιδιόκτητων αυτοκινήτων και φορτηγών), το 10,7% δραστηριοποιούνται στον χώρο του γενικού εμπορίου (εταιρίες εισαγωγής και μεταπώλησης, αντιπροσωπίες ενδυμάτων, εισαγωγείς ανταλλακτικών αυτοκινήτων, τροφίμων, κ.α.), ενώ το 5,0% αποτελούν εταιρείες διακίνησης ή εμπορία προϊόντων πετρελαίου (υγρά ή αέρια καύσιμα). Εκτός από το διυλιστήριο Ασπροπύργου της εταιρείας Ελληνικά Πετρέλαια Α.Ε. (το οποίο ανήκει στην κατηγορία παραγωγής προϊόντων διύλισης πετρελαίου - ποσοστό 0,3%), στην περιοχή μελέτης εντοπίζονται εταιρείες που ασχολούνται με τη διακίνηση και το εμπόριο προϊόντων πετρελαίου (σε υγρή ή αέρια μορφή) και αποτελούν κέντρο ανεφοδιασμού καυσίμων ή πρατήρια υγρών καυσίμων. Μεταξύ αυτών είναι και το στρατόπεδο "Ξηρογιάννη", το οποίο εφοδιάζει με υγρά καύσιμα τις στρατιωτικές εγκαταστάσεις της Ελλάδας. Παράλληλα, στην περιοχή εδρεύουν δύο εταιρείες που εξειδικεύονται στον τομέα του εμπορίου υγραερίου (EL GAZ Α.Ε. και ΠΕΤΡΟΓΚΑΖ Α.Ε.) και ένα Κέντρο Διανομής Φυσικού Αερίου της ΔΕΣΦΑ.

Υψηλό ποσοστό των επιχειρήσεων (25,2%) σχετίζονται με την κατασκευή μεταλλικών προϊόντων (βιομηχανικές, μηχανολογικές, αρχιτεκτονικές κατασκευές, αλουμινοκατασκευές, ανταλλακτικά αυτοκινήτων, εξοπλισμός κουζίνας, δεξαμενών πρατηρίων υγρών καυσίμων, γάλακτος και αποθήκευσης, βυτία, εξοπλισμός ασφαλείας, ανταλλακτικά αυτοκινήτων, πινακίδες, ηλιακά συστήματα θέρμανσης, κ.α.).

Παράλληλα, εξαιτίας της μικρής απόστασης της υπό μελέτη περιοχή με την Αθήνα, αλλά και το λιμάνι της Ελευσίνας, πολλές επιχειρήσεις παροχής υπηρεσιών μεταφοράς εδρεύουν εδώ (9,5% επί του συνόλου των επιχειρήσεων της περιοχής), οι οποίες στην πλειονότητά τους παρέχουν και υπηρεσίες αποθήκευσης. Από αυτές, όλες σχεδόν αφορούν επιχειρήσεις που στις αποθηκευτικές τους εγκαταστάσεις διατηρούν εξειδικευμένα προϊόντα (βιομηχανικά και χημικά απόβλητα, επικίνδυνα στερεά απόβλητα, χρησιμοποιημένοι συσσωρευτές μολύβδου - οξέως, κτλ).

Ιδιαίτερα σημαντικό ποσοστό των επιχειρήσεων της περιοχής μελέτης δραστηριοποιούνται στον χώρο επεξεργασίας ξύλου (ποσοστό 6,9%). Στον τομέα αυτόν περιλαμβάνονται οι βιοτεχνίες επίπλων αλλά και επιχειρήσεις ξύλινων κατασκευών (παλέτες, σκελετοί πλοίων, κ.α.).

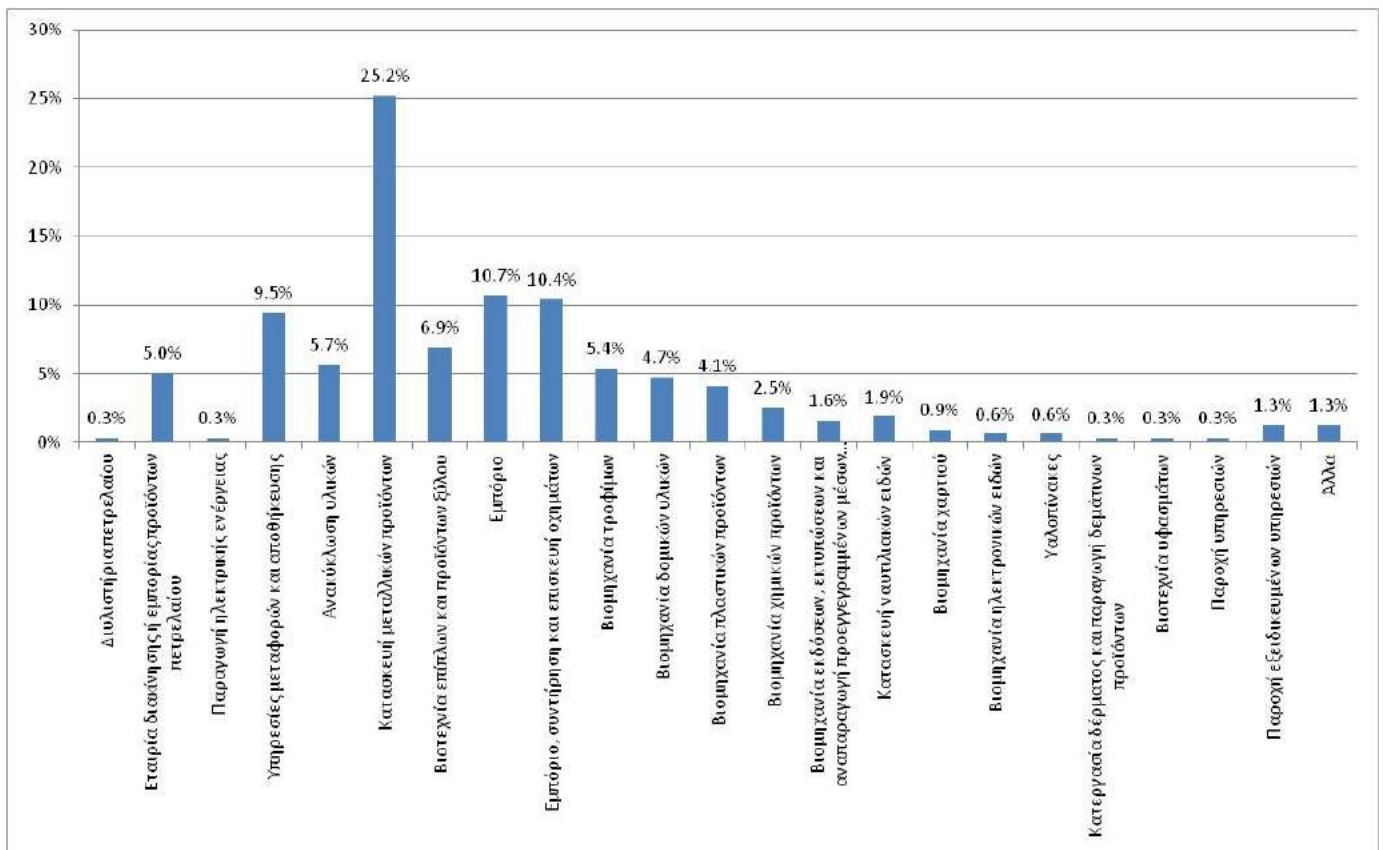
Σημαντικό είναι το ποσοστό των επιχειρήσεων (5,7%) που σχετίζονται με την ανακύκλωση απορριμμάτων και υπολειμμάτων. Από αυτές, το 3,8% εξειδικεύονται στην ανακύκλωση μεταλλικών προϊόντων (ανακύκλωση κυρίως παλαιών αυτοκινήτων), ενώ στην περιοχή εντοπίστηκε και μία εταιρία βιομηχανικής ανακύκλωσης πολύτιμων λίθων και μετάλλων και μία εταιρία διαχείρισης εξειδικευμένων απορριμμάτων.

Το 5,4% των επιχειρήσεων δραστηριοποιούνται στον τομέα των τροφίμων (βιομηχανίες μεταποίησης, επεξεργασίας και συντήρησης φρούτων και λαχανικών, παραγωγής και συντήρησης προϊόντων κρέατος, πτηνοτροφία, βιομηχανίες γάλακτος, αρτοποιίες).

Ποσοστό 4,7% των επιχειρήσεων σχετίζονται με τη κατασκευή δομικών υλικών (ασβεστοποιία, πολτοποιία, ασφαλτομίγματα, κεραμοποιία, λατόμηση μαρμάρων), ενώ το 4,1% δραστηριοποιείται στην παραγωγή πλαστικών προϊόντων και το 2,5% με την παραγωγή χημικών προϊόντων και ουσιών (παραγωγή χρωμάτων, βερνικιών και παρόμοιων επιχρίσεων, παραγωγή λιπασμάτων, εδαφοβελτιωτικών, βελτιωτικών καύσης, χημικά συντήρησης).

Τέλος, στην περιοχή μελέτης συναντώνται εταιρίες ναυτιλιακών ειδών (εμπόριο και επισκευές, ναυτιλιακών, σωστικών, πυροσβεστικών ειδών, εξοπλισμοί πλοίων - ποσοστό 1,9%), επιχειρήσεις εκδόσεων, εκτυπώσεων και αναπαραγωγή προεγγεγραμμένων μέσων εγγραφής (ποσοστό 1,6%), εταιρίες κατασκευής και επεξεργασίας υαλοπινάκων (ποσοστό 0,6%), εταιρίες παροχής εξειδικευμένων υπηρεσιών (βιομηχανικά πλυντήρια, εργαστήρια - ποσοστό 1,3%), επιχειρήσεις παραγωγής προϊόντων από χαρτί (ποσοστό 0,9%), βιομηχανίες ηλεκτρονικών ειδών (ποσοστό 0,6%), μία εταιρία παροχής υπηρεσιών στεγανοποιήσεων και μονώσεων, μία εταιρία κατεργασίας δέρματος και παραγωγής δερμάτινων προϊόντων - βυρσοδεψείο και μία βιοτεχνία υφασμάτων.

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι ανάμεσα στις επιχειρήσεις που απογράφηκαν, εντοπίστηκε και μία εταιρία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα.



**Εικόνα 46:** Ποσοστιαία κατανομή των δραστηριοτήτων των επιχειρήσεων που συναντώνται στην υδρολογική λεκάνη της Λίμνης Κουμουνδούρου.



#### 4.1.2. Λοιπές σημειακές πηγές ρύπανσης

Σημαντική σημειακή πηγή ρύπανσης στην υδρολογική λεκάνη της λίμνης Κουμουνδούρου αποτελούν ο Χ.Α.Δ.Α Άνω Λιοσίων και ενδεχομένως και ο Χ.Υ.Τ.Α. Φυλής, οι οποίοι βρίσκονται στο βορειοανατολικό τμήμα της λεκάνης απορροής. Εντός των εγκαταστάσεων λειτουργούν ακόμα εργοστάσιο και μονάδες επεξεργασίας και ανακύκλωσης απορριμμάτων, παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και αποτέφρωσης επικίνδυνων νοσοκομειακών αποβλήτων. Ο Χ.Α.Δ.Α. Άνω Λιοσίων λειτουργούσε από το 1965 ως το 2007, αν και είχε χαρακτηριστεί ως κορεσμένος από το 2004. Εκτός των αστικών αποβλήτων, ο Χ.Α.Δ.Α. δεχόταν επίσης νοσοκομειακά απόβλητα και στερεά βιομηχανικά απόβλητα (τοξικά και πετρελαιοειδή). Σήμερα, έχουν ολοκληρωθεί τα έργα περιβαλλοντικής αποκατάστασης του Χ.Α.Δ.Α. Άνω Λιοσίων, ο οποίος όμως για χρόνια ρύπαινε με τα διασταλλάζοντα υγρά τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα της περιοχής.

Σήμερα στον Χ.Υ.Τ.Α. Φυλής καταλήγουν ετησίως για διαχείριση ή διάθεση περίπου 2.300.000 t/y απορριμμάτων από ολόκληρο το λεκανοπέδιο και από περιοχές εκτός Αττικής. Από αυτά, οι 820.000 t/y περίπου είναι οργανικά απορρίμματα, οι 660.000 t/y περίπου είναι συσκευασίες, οι 430.000 t/y περίπου είναι έντυπο χαρτί και οι 90.000 t/y περίπου είναι ηλεκτρικές - ηλεκτρονικές συσκευές, ποσότητα άλλων μετάλλων, πλαστικών και γυαλιού, επικίνδυνα οικιακά, ογκώδη, έπιπλα, ρουχισμός, νοσοκομειακά, κ.α. (Οικολογική Εταιρεία Ανακύκλωσης, et al., 2010) Εκτός αυτών διατίθενται στο Χ.Υ.Τ.Α. ανεξέλεγκτη ποσότητα μπαζών, καθώς και τμήμα της λυματολάσπης που παράγεται τον βιολογικό καθαρισμό της Ψυττάλειας.

Παράλληλα, στην ευρύτερη περιοχή μελέτης, σύμφωνα με καταγγελίες τοπικών φορέων, λειτουργούν παράνομες χωματερές, στις οποίες συχνά καταλήγουν βιομηχανικά απόβλητα.

Αναφορά πρέπει να γίνει ακόμα στην έλλειψη, μέχρι πρότινος, αποχετευτικού δικτύου στο Θριάσιο πεδίο, με συνέπεια την λειτουργία σηπτικών και απορροφητικών βόθρων και ως εκ τούτου με επιπτώσεις στον υδροφόρο ορίζοντα της περιοχής. Τα βοθρολύματα από τις αστικές περιοχές του συνόλου του Θριάσιου Πεδίου μεταφέρονται με βυτιοφόρα οχήματα στο κέντρο επεξεργασίας λυμάτων της Μεταμόρφωσης (Κ.Ε.Λ.Μ.), υπάρχουν ωστόσο ερωτηματικά για το κατά πόσο ποσοστό από τα αστικά λύματα δεν καταλήγουν σε ρέματα της περιοχής.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί και η ύπαρξη του Κέντρου Υπερυψηλής Τάσης Κ.Υ.Τ. Κουμουνδούρου, στην περιοχή μελέτης.

#### 4.2. Γραμμικές πηγές ρύπανσης

Οι γραμμικές πηγές ρύπανσης αναφέρονται στο οδικό δίκτυο, στο σύνολο των δικτύων κοινής ωφελείας (ύδρευσης, αρδευτικών και αστικών λυμάτων), καθώς και στο υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής.

##### - Οδικό δίκτυο

Μία από τις σημαντικότερες γραμμικές πηγές ρύπανσης της περιοχής μελέτης αποτελεί το οδικό δίκτυο. Στην ευρύτερη περιοχή της λίμνης Κουμουνδούρου συναντάται ένα ιδιαίτερα πυκνό και φορτισμένο οδικό δίκτυο, ενώ νότια της λίμνης διέρχεται η Εθνική Οδός, η οποία συνδέει την Αθήνα με την Πελοπόννησο και βόρεια η Αττική οδός, η οποία δέχεται μεγάλο κυκλοφοριακό φόρτο από ολόκληρη την Αττική. Από το οδικό αυτό δίκτυο διέρχονται τόσο επιβατικά οχήματα, όσο και οχήματα μεγάλου κυβισμού (φορτηγά, απορριμματοφόρα, λεωφορεία), συχνά ανεπαρκούς συντήρησης και μεγάλης παλαιότητας. Υπολογίζεται ότι από την ευρύτερη περιοχή του Ασπρόπυργου διέρχονταν 30.000.000 οχήματα το χρόνο το 1990 και 55.000.000 το 2000, εκ των οποίων το 10% αναφέρεται σε λεωφορεία και φορτηγά (Δήμος Ασπρόπυργος, 2008).

Μελέτες έχουν δείξει ότι το οδικό δίκτυο μπορεί να αποτελέσει σημαντική πηγή ρύπανσης, καθώς επιβαρύνει το περιβάλλον με αιωρούμενα σωματίδια, οξείδιο του αζώτου, άνθρακα, βαρέα μέταλλα, πετρελαιοειδή, κ.α. Πιο συγκεκριμένα τα οχήματα είναι υπεύθυνα για την παραγωγή Pb από την καύση της βενζίνης και τη διάβρωση της επίχρισής των οχημάτων, Cu, Zn και Cd από τα καυσαέρια, τα λάστιχα των οχημάτων, τα λιπαντικά και την φθορά των φρένων (τακάκια) και Ni και Cr από την διάβρωση των οχημάτων (Christoforidis & Stamatis, 2009, Karageorgis κ.α., 2009). Το σύνολο των ρύπων αυτών αποβάλλονται στην ατμόσφαιρα υποβαθμίζοντάς της και στη συνέχεια μπορεί να αποτεθούν με την μορφή σκόνης στην ευρύτερη περιοχή (dry deposition) ή να διαλυθούν στην βροχή και καταλήξουν στα υδατικά συστήματα (wet deposition). Ρύπανση πραγματοποιείται ακόμα από την απόπλυση του οδοστρώματος και της ευρύτερης περιοχής κατά την διάρκεια των βροχοπτώσεων λόγω της επιφανειακής απορροής.

### - Δίκτυα ύδρευσης

Αναφορικά με το δίκτυο ύδρευσης της ευρύτερης περιοχής Ασπρόπυργου, σύμφωνα με την ΕΥΔΑΠ, αυτό σε πολλές περιπτώσεις είναι περιορισμένο σε μήκος, πεπαλαιωμένο και σε κακή κατάσταση, ενώ υπάρχουν και βάσιμες υπόνοιες για την ύπαρξη σε μικρό ποσοστό του δικτύου αμιαντοσωλήνων (Δήμος Ασπρόπυργου, 2008).

### - Αρδευτικά δίκτυα

Σημαντική πηγή ρύπανσης αποτελεί γενικότερα, η επιστροφή στα εδάφη και τον υπόγειο ορίζοντα των αρδευτικών υδάτων, μέσω των αποστραγγιστικών καναλιών, τα οποία είναι επιβαρυνμένα από εντομοκτόνα και λιπάσματα. Είναι ωστόσο σημαντικό να τονιστεί ότι το ποσοστό ρύπανσης της περιοχής μελέτης από τα αρδευτικά δίκτυα είναι μικρό, καθώς οι γεωργικές δραστηριότητες σήμερα είναι περιορισμένες.

### - Δίκτυα αστικών λυμάτων

Στην ευρύτερη περιοχή του Θριάσιου πεδίου δεν υπάρχει αποχετευτικό δίκτυο και οι κάτοικοι της περιοχής εξυπηρετούνται με βόθρους. Αναφέρεται ότι η ΕΥΔΑΠ Α.Ε. ανέλαβε την κατασκευή και λειτουργία του έργου "Βασικοί Συλλεκτές και Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας και Διάθεσης Λυμάτων στο Θριάσιο Πεδίο", το οποίο περιλαμβάνει την κατασκευή αποχετευτικού δικτύου και Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων το 2006. Η ημερομηνία περαίωσης ήταν το 2009, ωστόσο αναμένεται να ολοκληρωθεί εντός του 2011.

Στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων προβλέπεται να καταλήγουν εκτός από τα αστικά λύματα της ευρύτερης περιοχής του Θριάσιου Πεδίου και βιομηχανικά και θα πραγματοποιείται και τριτοβάθμια επεξεργασία (διύλιση και απολύμανση με UV). Τα επεξεργασμένα λύματα θα διατίθενται στον Κόλπο της Ελευσίνας δια μέσω υποθαλάσσιου αγωγού μήκους 1.500 m και διαμέτρου 1.000 mm ή θα επαναχρησιμοποιούνται στις βιομηχανίες της περιοχής.

### - Υδρογραφικό δίκτυο

Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης είναι ποιοτικά ιδιαίτερα επιβαρυνμένο, καθώς η απουσία αποχετευτικού δικτύου και μονάδων επεξεργασίας λυμάτων σε πολλές βιομηχανικές και βιοτεχνικές μονάδες το καθιστά αποδέκτη ρυπαντικών φορτίων, τα οποία καταλήγουν τελικά στον κόλπο της

Ελευσίνας. Τονίζεται ότι ο κόλπος της Ελευσίνας έχει χαρακτηριστεί ως ευαίσθητος αποδέκτης από το 1999 (Κ.Υ.Α. 19661/1982/2-8-1999).

Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει σε πρόσφατα δημοσιεύματα που αναφέρουν ότι στο ρέμα Μαύρη Ωρα (θέση Συντριβάνι) εντοπίστηκαν μεγάλες συγκεντρώσεις χρωμίου σε δύο δειγματοληψίες. Πιο συγκεκριμένα, στις 22/09/2010 εντοπίστηκε συγκέντρωση ολικού χρωμίου 0,2 mg/l και στις 25/10/2010 συγκέντρωση ολικού χρωμίου 177 mg/l, εκ των οποίων τα 123 mg/l ήταν εξασθενές χρώμιο (Διαδικτυακή εφημερίδα Δυτικής Αττικής, 2010).

Μετρήσεις που έχουν γίνει από τον Αναπτυξιακό Σύνδεσμο Θριάσιου πεδίου στο ρέμα Μαύρη Ωρα έδειξαν μεγάλες συγκεντρώσεις BOD, COD και μετάλλων (Mavrakis, et al., 2007, Αναπτυξιακός Σύνδεσμος Θριάσιου Πεδίου)

Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται και στο ρέμα Αγίου Γεωργίου, στο οποίο με βάση το ΦΕΚ 1132B/21-12-1979, επιτρέπεται η διάθεση υγρών βιομηχανικών αποβλήτων και λυμάτων, μετά από πλήρη επεξεργασία τους. Ωστόσο στην πράξη τα απόβλητα που δέχεται το εν λόγω ρέμα από βιομηχανίες και βυρσοδεψία της ευρύτερης περιοχής δεν υφίστανται κάποια επεξεργασία ή αυτή είναι υποτυπώδης, με συνέπεια το νερό στις εκβολές του να είναι θολό, χαμηλής συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου και μεγάλης συγκέντρωσης TDS (περίπου 2.048 mg/l), BOD<sub>5</sub> (400 mg/l στις 27/10/2005) και COD (427 mg/l στις 27/10/2005), ενώ και τα ιζήματα χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις μετάλλων, κυρίως χρωμίου (Mavrakis, et al., 2007, Αναπτυξιακός Σύνδεσμος Θριάσιου Πεδίου).

### **4.3. Μη σημειακές πηγές ρύπανσης**

Μη σημειακές πηγές ρύπανσης της υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Κουμουνδούρου και του Θριάσιου πεδίου γενικότερα, αποτελούν οι εντατικά γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες. Παράλληλα, σημαντική πηγή μη σημειακής ρύπανσης της περιοχής μελέτης είναι η ατμοσφαιρική εναπόθεση.

#### **- Γεωργικές δραστηριότητες**

Οι γεωργικές δραστηριότητες, όταν πραγματοποιούνται εντατικά, απελευθερώνουν εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα και θρεπτικές ουσίες από τα λιπάσματα στα νερά και τα εδάφη. Τα συστατικά αυτά όταν βρίσκονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στο υδάτινο περιβάλλον έχουν ως συνέπεια φαινόμενα

ευτροφισμού, διάβρωσης, απώλεια οργανικής ύλης, αλάτωσης και οξίνισης, ενώ με το νερό της βροχής ή το πότισμα διαλύονται και μεταφέρονται και στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα.

Στην ευρύτερη περιοχή μελέτης, σύμφωνα με δεδομένα της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας, για το 1991 και το 2000 οι καλλιέργειες (σε στρέμματα) ανά δήμο διαμορφώθηκαν ως εξής (Πίνακας 19):

**Πίνακας 19:** Δεδομένα καλλιεργειών των δήμων (πρόγραμμα Καποδίστριας) της υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Κουμουνδούρου (Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, 2011).

ΔΗΜΟΣ	ΔΗΜΟΣ ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΥ		ΔΗΜΟΣ ΑΝΩ ΛΙΟΣΙΩΝ		ΔΗΜΟΣ ΦΥΛΗΣ	
	1991	2000	1991	2000	1991	2000
Ετήσιες καλλιέργειες	6.113,0	5.462,7	153,0	81,5	368,0	0,0
Δενδρώδεις καλλιέργειες	3.368,0	864,5	121,0	131,5	1.316,0	1.793,3
Αμπέλια και σταφιδάμπελα	54,0	11,0	2,0	1,0		0,0
Μόνιμα λιβάδια και βοσκότοποι		21,5		74,0		230,0
Αγρανάπαυση	1.169,0	15,0	56,0	0,0	57,0	0,0
Οικογενειακοί λαχανόκηποι		6,0		0,0		0,0
Φυτώρια καρποφόρων δέντρων, άλλες πολυετείς φυτείες		0,0		0,0		0,0
<b>Χρησιμοποιούμενη γεωργική γη</b>		<b>10.704,0</b>		<b>6.380,7</b>		<b>332,0</b>

Τονίζεται ότι στην υδρολογική λεκάνη της Λίμνης Κουμουνδούρου εντοπίζεται το 23,4% της συνολικής έκτασης του δήμου Ασπρόπυργου (έκταση 23,7 km<sup>2</sup> από τη συνολική των 101,6 km<sup>2</sup>), το 20,5% της συνολικής έκτασης του δήμου Άνω Λιοσίων (έκταση 7,8 km<sup>2</sup> από τη συνολική των 38,1 km<sup>2</sup>) και το 10,2% της συνολικής έκτασης του δήμου Φυλής (έκταση 7,0 km<sup>2</sup> από τη συνολική των 69,1 km<sup>2</sup>) (πρόγραμμα Καποδίστριας). Συνεπώς οι πιέσεις που δέχεται η υδρολογική λεκάνη από τις καλλιέργειες προέρχονται από σημαντικά μικρότερες εκτάσεις από αυτές που αναφέρονται στον παραπάνω πίνακα.

Πρέπει ακόμα να τονιστεί ότι στο Θριάσιο πεδίο η αγροτική δραστηριότητα συνεχώς μειώνεται λόγω της συνεχώς αυξανόμενης βιομηχανοποίησης και αστικοποίησης. Ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο σε αυτό διαδραμάτισε και η Αττική οδός που διέρχεται από το βόρειο τμήμα λεκάνης.

Η αγροτική δραστηριότητα στην υδρολογική λεκάνη της λίμνης Κουμουνδούρου επικεντρώνεται κυρίως στο κεντρικό (σύνθετα συστήματα καλλιέργειας, 5,95 km<sup>2</sup>) και στο βόρειο (μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη, 5,04 km<sup>2</sup>) τμήμα της.

## - Κτηνοτροφία

Πριν τη βιομηχανική ανάπτυξη της περιοχής η βασική απασχόληση των κατοίκων ήταν η κτηνοτροφία. Σταδιακά, η βιομηχανοποίηση οδήγησε τους πολίτες της περιοχής σε άλλες μορφές απασχόλησης, με συνέπεια σήμερα η κτηνοτροφία να είναι πολύ περιορισμένη. Ωστόσο, συναντώνται διάσπαρτα, απομεινάρια των παραδοσιακών δραστηριοτήτων της περιοχής (κτηνοτροφικές και πτηνοτροφικές μονάδες, μαντριά, ελεύθερη βόσκηση αιγοπροβάτων) (Πίνακας 20).

**Πίνακας 20:** Δεδομένα κτηνοτροφίας των δήμων τμήμα των οποίων ανήκει στην υδρολογική λεκάνη της λίμνης Κουμουνδούρου (Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, 2001).

ΔΗΜΟΣ	ΔΗΜΟΣ ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΥ		ΔΗΜΟΣ ΑΝΩ ΛΙΟΣΙΩΝ		ΔΗΜΟΣ ΦΥΛΗΣ	
	1991	2000	1991	2000	1991	2000
Περιγραφή						
Βοοειδή	3.723	2.961	0	0	54	0
Προβατοειδή	6.614	4.494	0	852	3.285	2.240
Αιγοειδή	999	1.304	0	151	1.233	544
Χοιροειδή	2.607	235	0	0	140	0
Ιπποειδή	77	0	0	0	10	0
Κουνέλια	165	0	0	0	258	0
Πουλερικά	24.920	474	0	0	802	0
Αριθμός κυψελών	170	0	0	0	1.110	0

## - Ατμοσφαιρική εναπόθεση ρύπων

Σημαντική πηγή ρύπανσης της λεκάνης απορροής της λίμνης Κουμουνδούρου, όπου η ατμόσφαιρα είναι ιδιαίτερα επιβαρυνόμενη από τις βιομηχανικές και άλλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες της περιοχής, είναι η ατμοσφαιρική εναπόθεση ρύπων.

Η ατμοσφαιρική εναπόθεση ρύπων αναφέρεται στην διαδικασία κατά την οποία χημικές ενώσεις και στοιχεία σε αέρια μορφή συγκεντρώνονται και επικάθονται ή απορροφώνται στην επιφάνεια του εδάφους ή στα επιφανειακά ύδατα. Είναι μία σχετικά αργή διαδικασία, η οποία μπορεί να διαχωριστεί σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη είναι η ξηρή εναπόθεση, η οποία οφείλεται στην βαρύτητα, την ενσφήνωση λόγω αδράνειας και στη διάχυση των σωματιδίων ή των χημικών ενώσεων. Αυτού του είδους η εναπόθεση εξαρτάται από τις μετεωρολογικές συνθήκες μίας περιοχής (ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου, θερμοκρασία, υγρασία, ατμοσφαιρική πίεση, κ.λπ.), από τη φύση της επιφάνειας εναπόθεσης (τραχύτητα, αεροδυναμική, pH, υδροφοβικότητα, πορώδες, κ.λπ.) και από τις ιδιότητες

των υλικών εναπόθεσης (χημική αντιδραστικότητα, διαλυτότητα, διάμετρο, σχήμα, κ.λπ.). Γενικά, οι φυσικές επιφάνειες, όπως επιφάνειες με βλάστηση, ευνοούν την ξηρή εναπόθεση (Seinfeld & Pandis, 1998). Μελέτες έχουν δείξει ότι οι ρυπαντές, μετά την ξηρή εναπόθεση τους πάνω στα φυτά, απορροφούνται από αυτά και επηρεάζουν βασικές διαδικασίες της φυσιολογίας τους μεταβάλλοντας τελικά την βιοχημεία τους (Georgiadis & Rossi, 1989). Σημαντικές είναι ακόμα οι επιπτώσεις της ξηρής εναπόθεσης στο δομημένο περιβάλλον, στα κτήρια και στα μνημεία.

Η δεύτερη μορφή ατμοσφαιρικής εναπόθεσης είναι η υγρή εναπόθεση, η οποία αποτελεί μία φυσική διαδικασία κατά την οποία τα αιωρούμενα σωματίδια και ενώσεις αποτίθενται με τη βοήθεια των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (υετού, χιονιού ή ομίχλης). Στην υγρή εναπόθεση περιλαμβάνονται όλες οι διαδικασίες που σχετίζονται με την εναπόθεση των σωματιδίων στην επιφάνεια της γης, δηλαδή, τόσο την απομάκρυνση των σωματιδίων από την ατμόσφαιρα όταν αυτά λειτουργούν ως πυρήνες συμπύκνωσης υδρατμών για τη δημιουργία σταγονιδίων νερού και τελικά της βροχής, όσο και την απομάκρυνση των ατμοσφαιρικών σωματιδίων όταν αυτά συγκρούονται με τα σταγονίδια βροχής μέσα και κάτω από τα σύννεφα και καταλήγουν στην επιφάνεια της γης λόγω βαρύτητας (Chate & Pranesha, 2003). Κατά τη διαδικασία της υγρής εναπόθεσης είναι δυνατό να πραγματοποιηθούν χημικές αντιδράσεις μεταξύ των σωματιδίων.

Μελέτες έχουν δείξει ότι η ατμοσφαιρική εναπόθεση σε έντονα βιομηχανοποιημένες περιοχές μπορεί να αποτελέσει σημαντική πηγή βαρέων μετάλλων στις αγροτικές καλλιέργειες, στα εδάφη και τελικά στα υδάτινα σώματα (Haygarth & Jones, 1992). Πτητικά μεταλλοειδή (π.χ. Se, Hg, As, Sb) μπορούν να μεταφερθούν είτε σε αέρια μορφή είτε με τη μορφή σωματιδίων, ενώ άλλα μέταλλα (π.χ. Cu, Pb, Zn) μεταφέρονται μόνο με τη μορφή σωματιδίων. Στο Ηνωμένο Βασίλειο έχει υπολογιστεί ότι η συμβολή της ατμοσφαιρικής εναπόθεσης Se στα αγροτικά οικοσυστήματα είναι δύο φορές μεγαλύτερη από ότι των λιπασμάτων. Αναφορικά με τον μόλυβδο, το 90% του συνόλου Pb που απορροφάται από τα φυτά υπολογίζεται ότι προέρχεται από την ατμοσφαιρική εναπόθεση και όχι από τα εδάφη. Αντίστοιχα και στην περίπτωση του Cd, η ατμοσφαιρική εναπόθεση ευθύνεται έως και για το 50% της ολικής συγκέντρωσης στα φυτά (Adriano, 2001).

Παράλληλα, μελέτες έχουν δείξει ότι αυξημένες συγκεντρώσεις αζώτου N στην ατμόσφαιρα, ακόμα και σε περιπτώσεις μείωσης της συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>), μπορούν να οδηγήσουν

σε κορεσμό του Ν στα δάση (Driscoll et al., 2001) ή να συμβάλλουν στην όξυνση των επιφανειακών υδάτων (Stoddard, 1994).

Στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού Προγράμματος ENVIRONMENT EV5V-CT92-0102 "Θαλασινή και ρυπασμένη ατμόσφαιρα ως παράγοντας φθοράς μνημείων στη Μεσόγειο" (1992-96) πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ολικής ατμοσφαιρικής εναπόθεσης και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης της περιοχής της Ελευσίνας. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι οι συγκεντρώσεις  $\text{SO}_4^{2-}$  κατά την περίοδο 1995 ήταν αυξημένες, τόσο στα δείγματα ολικής εναπόθεσης όσο και της ατμόσφαιρας. Η παρουσία  $\text{SO}_4^{2-}$  και  $\text{NO}_3^-$  στα δείγματα ολικής εναπόθεσης οφείλεται στην ύπαρξη  $\text{SO}_2$  και  $\text{NO}_x$  στην ατμόσφαιρα και πιθανότατα σχετίζονται με την βιομηχανική δραστηριότητα της περιοχής, ενώ οι συγκεντρώσεις του πρώτου ήταν σημαντικά μεγαλύτερες από το δεύτερο. Πολύ υψηλές ακόμα ήταν οι συγκεντρώσεις Si στην ολική εναπόθεση, γεγονός που συνδέεται με τις τσιμεντοβιομηχανίες που δραστηριοποιούνται στην περιοχή. Αντίθετα, οι συγκεντρώσεις  $\text{Cl}^-$  στην ολική εναπόθεση οφείλονται στην επίδραση της θάλασσας, ενώ στην ατμόσφαιρα οφείλονται και σε άλλες πηγές (π.χ. καύση κάρβουνου). Οι συγκεντρώσεις Zn και Pb ήταν αρκετά υψηλές στην σκόνη του εδάφους και οφείλονταν κυρίως σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες (Moropoulou κ.α., 1998).

Παράλληλα, μελέτη στην ευρύτερη περιοχή της Βενετίας έδειξε ότι η ατμοσφαιρική εναπόθεση πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (Π.Α.Υ.) και βαρέων μετάλλων είναι μεγαλύτερη σε περιοχές με έντονη βιομηχανική δραστηριότητα, ενώ παράλληλα εξαρτάται και από την παρουσία ντιζελοκινητήρων και του κυκλοφορικού φόρτου (Rossini κ.α., 2007).

#### **4.4. Ατμοσφαιρική ρύπανση**

##### **4.4.1. Εκτίμηση ρυπαντικών πιέσεων στην ατμόσφαιρα**

Μία από τις σημαντικότερες περιβαλλοντικές πιέσεις που δέχεται μία έντονα βιομηχανοποιημένη ή αστικοποιημένη περιοχή, με σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία μίας μεγάλης μερίδας του πληθυσμού, είναι η υποβάθμιση του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος. Οφείλεται στην είσοδο μεγάλης ποσότητας χημικών συστατικών, σωματιδίων ή οργανικών υλικών στην ατμόσφαιρα, τα οποία βλάπτουν ή προκαλούν δυσφορία στους ανθρώπους και σε άλλους οργανισμούς ενώ υποβαθμίζουν το φυσικό και δομημένο περιβάλλον.



Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι μπορούν να διαχωριστούν σε πρωτογενείς και δευτερογενείς. Οι πρωτογενείς ρύποι απελευθερώνονται απευθείας από μία πηγή (π.χ. CO, το NO, το SO<sub>2</sub>, οι υδρογονάνθρακες, τα σωματίδια), ενώ οι δευτερογενείς ρύποι προκύπτουν μετά από χημικές αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα, στις οποίες συμμετέχουν οι πρωτογενείς ρύποι (π.χ. O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Η ατμοσφαιρική ρύπανση μίας περιοχής εξαρτάται από τις πηγές ρύπανσης, τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν και την τοπογραφία.

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης (Θριάσιο πεδίο) είναι μία περιοχή όπου συγκεντρώνεται βαριά βιομηχανία και θεωρείται επομένως ιδιαίτερα επιβαρυνμένη ως προς την ατμοσφαιρική ρύπανση (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., 1989, Πίνακας 21). Το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ευρύτερη περιοχή μελέτης από τις βιομηχανίες και τις βιοτεχνίες υφίσταται ήδη από τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, ενώ η πρώτη διαμαρτυρία έγινε το 1930 για την τσιμεντόσκονη που παραγόταν από το εργοστάσιο TITAN (Καράμπελα, 1997).

**Πίνακας 21:** Συνολικές Εκπομπές Ρύπων στο Θριάσιο Πεδίο (ton/έτος) (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., 1989).

Δραστηριότητα	Αιωρούμενα σωματίδια	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	Υδρογονάνθρακες
<b>Βιομηχανία</b>	17.835	3.354	8.523	4.911
<b>Αυτοκίνητο</b>	31	726	58	1.587
<b>Σύνολο</b>	17.866	4.080	8.581	6.498
<b>Βιομηχ./Σύνολο(%)</b>	99,8%	82,2%	99,3%	75,6%

Σημαντική πηγή ρύπανσης της ατμόσφαιρας δύναται να είναι και τα μεταφορικά μέσα, ειδικά σε αστικές περιοχές κοντά σε μεγάλους οδικούς άξονες που μπορεί να έχουν μεγάλο κυκλοφοριακό φόρτο. Στην περίπτωση της ευρύτερης περιοχής της Λίμνης Κουμουνδούρου, ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλείται από το πυκνό οδικό δίκτυο που ενώνει την Αττική με την Πελοπόννησο (Αττική Οδός βόρεια και Εθνική Οδός νότια της λίμνης), από τα απορριμματοφόρα οχήματα που διέρχονται από την περιοχή, αλλά και από το δίκτυο μεταφορών στην βιομηχανική ζώνη, όπου παρατηρούνται οχήματα μεγάλου κυβισμού και ορισμένες φορές ανεπαρκούς συντήρησης και μεγάλης παλαιότητας.

Τέλος, η ατμοσφαιρική ρύπανση οφείλεται σε άλλες πηγές, όπως από τις παράνομες καύσεις απορριμμάτων ιδίως στην περιοχή του Ασπρόπυργου, από πυρκαγιές σε βιομηχανικά κτήρια και από τη διαρροή της παροχής βενζίνης στα αυτοκίνητα.

Στην περιοχή του Θριάσιου πεδίου επικρατούν γενικά κλιματολογικές συνθήκες που ευνοούν την εμφάνιση επεισοδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Πιο συγκεκριμένα, οι δευτερογενείς ρύποι και κυρίως το όζον σχηματίζονται από φωτοχημικές διεργασίες στις οποίες καθοριστικό ρόλο παίζει η ηλιακή ακτινοβολία και η θερμοκρασία. Συνεπώς σε περιοχές όπως η συγκεκριμένη, με μεγάλη ηλιοφάνεια, ευνοείται η ανάπτυξη σημαντικών συγκεντρώσεων ατμοσφαιρικών ρύπων.

Τέλος, αναφορικά με την τοπογραφία της περιοχής, το Θριάσιο πεδίο αποτελεί μία πεδιάδα ανοικτή νότια προς τη θάλασσα (Σαρωνικός κόλπος - κόλπος της Ελευσίνας), η οποία περικλείεται από βουνά (από το Αιγάλεω ανατολικά, την Πάρνηθα βόρεια και από το όρος Πατέρα δυτικά), ενώ παράλληλα υπάρχουν διάυλοι επικοινωνίας προς το Λεκανοπέδιο Αθηνών. Η επικρατούσα διεύθυνση των ανέμων με βάση τον μετεωρολογικό σταθμό της Ελευσίνας (Ε.Μ.Υ.) είναι η βόρεια, γεγονός που ευνοεί την απομάκρυνση των ατμοσφαιρικών ρύπων προς νότο (κόλπος Ελευσίνας). Ωστόσο, λόγω του υψηλού ποσοστού άπνοιας (28,1%), συχνά επικρατούν συνθήκες που ευνοούν την αύξηση της συγκέντρωσης και την τοπική απόθεση ρύπων.

Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει ακόμα στο φαινόμενο της θερμοκρασιακής αναστροφής (τοπική αύξηση της θερμοκρασίας με το ύψος), η οποία ευνοείται από την τοπογραφία και το κλίμα της περιοχής και η οποία ευθύνεται για τον εγκλωβισμό των παραγόμενων ρύπων. Ανάλογα με το ύψος των θερμοκρασιακών αναστροφών ιδιαίτερα κατά τους ψυχρούς μήνες του έτους, οι ρύποι είναι δυνατό να παγιδευτούν σε χαμηλό ύψος. Το ύψος των αναστροφών εξαρτάται από το ύψος κορυφής του χαμηλότερου λόφου που περιβάλλει την ευρύτερη περιοχή του Θριάσιου Πεδίου και είναι συγκρίσιμο με το ύψος των υψηλότερων καμινάδων των μεγάλων βιομηχανιών π.χ. ΧΑΛΥΨ, ΕΛΔΑ, ΤΙΤΑΝ, ΠΕΤΡΟΛΑ κ.τ.λ. (Μαυράκης, 2004).

#### **4.4.2. Ισχύουσα νομοθεσία**

Στην Ελλάδα ισχύουν νομοθετημένα όρια και στόχοι για τους σημαντικότερους ατμοσφαιρικούς ρύπους. Πρόκειται για εναρμονίσεις οδηγιών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και αναφέρονται τόσο στην προστασία της ανθρώπινης υγείας όσο και των οικοσυστημάτων.

Οι οδηγίες που έχουν εκδοθεί μέχρι σήμερα και αφορούν στην ποιότητα της ατμόσφαιρας είναι οι ακόλουθες (<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=493>):

- Οδηγία 1992/72/ΕΟΚ σχετικά με την Ατμοσφαιρική ρύπανση από το όζον.
- Εναρμόνιση της Οδηγίας 1996/62/ΕΚ για την Εκτίμηση και διαχείριση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος (ΚΥΑ 3277/209/2000, ΦΕΚ 180/Β/17-2-2000).
- Οδηγία 1997/101/ΕΚ για την καθιέρωση διαδικασίας για την αμοιβαία ανταλλαγή πληροφοριών και δεδομένων που προέρχονται από τα δίκτυα και τους μεμονωμένους σταθμούς μέτρησης της ρύπανσης του αέρα του περιβάλλοντος στα κράτη μέλη.
- Εναρμόνιση της Οδηγίας 1999/30/ΕΚ για τις Οριακές τιμές διοξειδίου του θείου, οξειδίων του αζώτου, σωματιδίων και μολύβδου, στον αέρα του περιβάλλοντος - Πρώτη θυγατρική της 1996/62/ΕΚ (ΠΥΣ 34/30.5.2002, ΦΕΚ125/Α/ 5-6-02).
- Εναρμόνιση της Οδηγίας 2000/69/ΕΚ για τις Οριακές τιμές βενζολίου και μονοξειδίου του άνθρακα στον αέρα του περιβάλλοντος - Δεύτερη θυγατρική της 1996/62/ΕΚ (ΚΥΑ 9238/332, ΦΕΚ 405Β/27.2.05).
- Εναρμόνιση της Οδηγίας 2002/3/ΕΚ σχετικά με το όζον στον ατμοσφαιρικό αέρα - Τρίτη θυγατρική της 1996/62/ΕΚ (ΚΥΑ ΗΠ 38638/2016, ΦΕΚ 1334Β/21.9.05).
- Εναρμόνιση της Οδηγίας 2004/107/ΕΚ σχετικά με το αρσενικό, το κάδμιο, τον υδράργυρο, το νικέλιο και τους πολυκυκλικούς υδρογονάνθρακες στον ατμοσφαιρικό αέρα - Τέταρτη θυγατρική της 1996/62/ΕΚ (ΚΥΑ ΗΠ 22306/1075/Ε103, ΦΕΚ 920Β/8.6.07).
- Οδηγία 2008/50/ΕΚ για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη, η οποία συσσωματώνει την 1996/62/ΕΚ και τις τρεις θυγατρικές της (1999/30/ΕΚ, 2000/69/ΕΚ και 2002/3/ΕΚ), όπως και την απόφαση 1997/101/ΕΚ για την καθιέρωση διαδικασίας για την αμοιβαία ανταλλαγή πληροφοριών και δεδομένων ατμοσφαιρικής ρύπανσης από μεμονωμένους σταθμούς και δίκτυα.

Με βάση τα παραπάνω, τα όρια συγκέντρωσης των σημαντικότερων παραμέτρων ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα διαμορφώνονται ως εξής (Πίνακας 22):

**Πίνακας 22:** Θεσμοθετημένα όρια ρυπαντών της ατμόσφαιρας.

Παράμετρος	Περίοδος	Για την προστασία	Όριο	Υπέρβαση	Προθεσμία συμμόρφωσης	Οδηγία
SO <sub>2</sub>	1h	της ανθρώπινης υγείας	350 µg/m <sup>3</sup>	<25 φορές/έτος	1/1/2005	1999/30/ΕΚ
	24h	της ανθρώπινης υγείας	125 µg/m <sup>3</sup>	<3 φορές/έτος	1/1/2005	1999/30/ΕΚ
	Έτος / Χειμώνας (Οκτώβριος-Μάρτιος)	του οικοσυστήματος	20 µg/m <sup>3</sup>	-	19/7/2001	1999/30/ΕΚ
NO <sub>2</sub>	1h	της ανθρώπινης υγείας	200 µg/m <sup>3</sup>	<18 φορές/έτος	1/1/2010	1999/30/ΕΚ
	Έτος	της ανθρώπινης υγείας	40 µg/m <sup>3</sup>	-	1/1/2010	1999/30/ΕΚ
	Έτος	του οικοσυστήματος	30 µg/m <sup>3</sup>	-	19/7/2001	1999/30/ΕΚ
O <sub>3</sub>	8h	της ανθρώπινης υγείας	120 µg/m <sup>3</sup>	<25 φορές/έτος για 3 συνεχόμενα έτη	2010	2002/3/ΕΚ
	1h	όριο ενημέρωσης	180 µg/m <sup>3</sup>	-	-	2002/3/ΕΚ
	1h	όριο συναγερμού	240 µg/m <sup>3</sup>	-	-	2002/3/ΕΚ
	Μάιος-Ιούλιος	της βλάστησης	18.000 µg/m <sup>3</sup> *h	-	2010	2002/3/ΕΚ
	Μάιος-Ιούλιος	της βλάστησης (μακροπρόθεσμος στόχος)	6.000 µg/m <sup>3</sup> *h	-	2020	2002/3/ΕΚ
	Απρίλιος-Σεπτέμβριος	των δασών (μακροπρόθεσμος στόχος)	20.000 µg/m <sup>3</sup> *h	-	2020	2002/3/ΕΚ
PM <sub>10</sub>	24h	της ανθρώπινης υγείας	50 µg/m <sup>3</sup>	<35 φορές/έτος	2005 (Στάδιο 1)	1999/30/ΕΚ
	24h	της ανθρώπινης υγείας	50 µg/m <sup>3</sup>	<7 φορές/έτος	2010 (Στάδιο 2)	1999/30/ΕΚ
	Έτος	της ανθρώπινης υγείας	40 µg/m <sup>3</sup>	-	2005 (Στάδιο 1)	1999/30/ΕΚ
	Έτος	της ανθρώπινης υγείας	20 µg/m <sup>3</sup>	-	2010 (Στάδιο 2)	1999/30/ΕΚ
THC	Δεν υπάρχουν θεσμοθετημένα όρια					

#### 4.4.3. Μετρήσεις παραμέτρων ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται δεδομένα της διαχρονικής εξέλιξης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υδρολογική λεκάνη της Λίμνης Κουμουνδούρου. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από τον Αναπτυξιακό Σύνδεσμο Θριάσιου Πεδίου και μας παραχωρήθηκαν από τον κ. Α. Χρηστίδη. Πρόκειται για μετρήσεις των βασικότερων παραμέτρων ατμοσφαιρικής ρύπανσης (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> και TSP για την περίοδο 1986-2000, PM<sub>10</sub> για την περίοδο 2001-2009). Το σημείο δειγματοληψίας εντοπίζεται στο νότιο τμήμα της υδρολογικής λεκάνης, βόρεια της Λίμνης Κουμουνδούρου (παραλία Ασπρόπυργου). Την περίοδο δειγματοληψίας 1986-2000 πραγματοποιούνταν μεμονωμένες μηνιαίες μετρήσεις, ενώ την περίοδο 2001-2009 οι μετρήσεις ήταν συνεχόμενες.

Παρακάτω παρατίθεται ο συγκεντρωτικός πίνακας του αριθμού υπερβάσεων ορίου για τις υπό μελέτη παραμέτρους της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> και PM10) για την περίοδο 2001-2009 (Πίνακας 23).

**Πίνακας 23:** Συγκεντρωτικός πίνακας αριθμού υπερβάσεων ορίου για τις υπό μελέτη παραμέτρους ατμοσφαιρικής ρύπανσης για την περίοδο 2001-2009.

Παράμετρος	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		PM10(µg/m <sup>3</sup> )	
	ΟΡΙΟ	ΥΠΕΡΒ.	ΟΡΙΟ	ΥΠΕΡΒ.	ΟΡΙΟ	ΥΠΕΡΒ.	ΟΡΙΟ	ΥΠΕΡΒ.
<b>2001</b>	470 (1h)	0	290 (1h)	1	180 (1h)	1	70 (24h)	212
	125 (24h)	0	58 (ΕΤΟΣ)	ΌΧΙ	200 (1h)	0	46,4 (ΕΤΟΣ)	ΝΑΙ
					360 (1h)	0		
					110 (8h)	81		
					65 (24h)	84		
<b>2002</b>	350 (1h)	0	200 (1h)	1	180 (1h)	0	50 (24h)	300
	125 (24h)	0	40 (ΕΤΟΣ)	ΌΧΙ	200 (1h)	0	40 (ΕΤΟΣ)	ΝΑΙ
					360 (1h)	0		
					110 (8h)	30		
					65 (24h)	60		
<b>2003</b>	350 (1h)	0	200 (1h)	2	180 (1h)	0	50 (24h)	250
	125 (24h)	ΌΧΙ	40 (ΕΤΟΣ)	ΌΧΙ	200 (1h)	0	40 (ΕΤΟΣ)	ΝΑΙ
					360 (1h)	0		
					110 (8h)	11		
					65 (24h)	70		
<b>2004</b>	350 (1h)	0	200 (1h)	0	180 (1h)	0	50 (24h)	277
	125 (24h)	0	40 (ΕΤΟΣ)	ΌΧΙ	240 (1h)	0	40 (ΕΤΟΣ)	ΝΑΙ
<b>2005</b>	350 (1h)	0	200 (1h)	0	180 (1h)	0	50 (24h)	239
	125 (24h)	0	40 (ΕΤΟΣ)	ΌΧΙ	240 (1h)	0	40 (ΕΤΟΣ)	ΝΑΙ
					120(8h)	0		
<b>2006</b>	350 (1h)	2	200 (1h)	0	180 (1h)	0	50 (24h)	235
	125 (24h)	0	40 (ΕΤΟΣ)	ΌΧΙ	240 (1h)	0	40 (ΕΤΟΣ)	ΝΑΙ
					120(8h)	31		
<b>2007</b>	350 (1h)	9	200 (1h)	2	180 (1h)	12	50 (24h)	257
	125 (24h)	1	40 (ΕΤΟΣ)	ΌΧΙ	240 (1h)	0	40 (ΕΤΟΣ)	ΝΑΙ
					120(8h)	51		
<b>2008</b>	350 (1h)	0	200 (1h)	1	180 (1h)	0	50 (24h)	202
	125 (24h)	0	40 (ΕΤΟΣ)	ΌΧΙ	240 (1h)	0	40 (ΕΤΟΣ)	ΝΑΙ
					120(8h)	10		

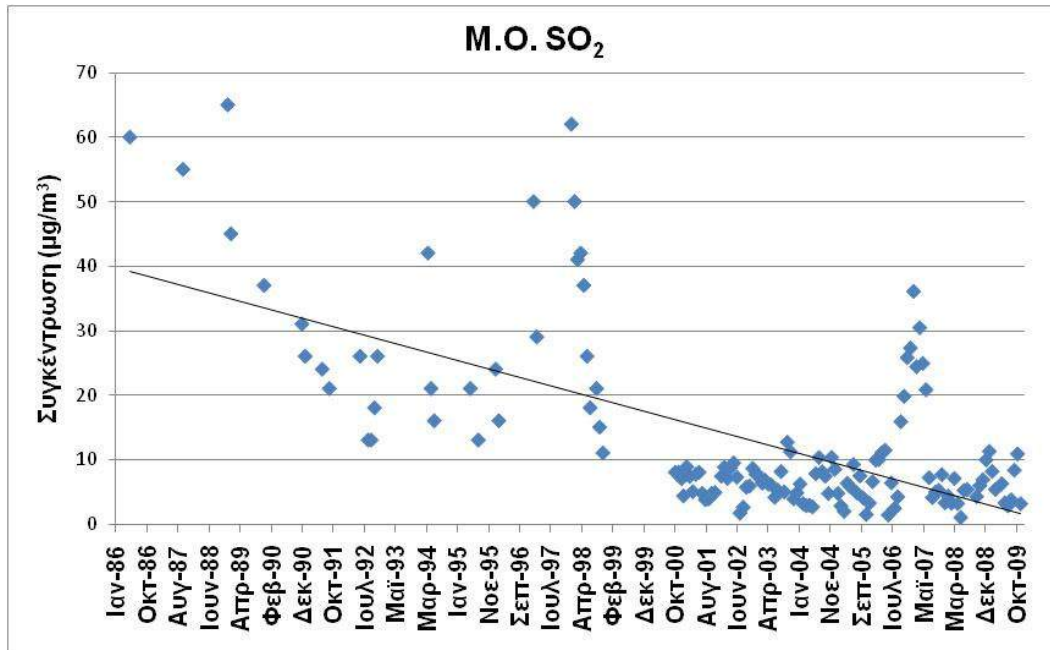
2009	350 (1h)	0	200 (1h)	1	180 (1h)		50 (24h)	113
	125 (24h)	0	40 (ΕΤΟΣ)	ΌΧΙ	240 (1h)		40 (ΕΤΟΣ)	ΝΑΙ
					120(8h)			
SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , PM10: όρια της οδηγίας 1999/30 Ε.Ε. 2001-2003: O <sub>3</sub> : όρια της οδηγίας 1992/72 Ε.Ε., 2004-2009: O <sub>3</sub> : όρια της οδηγίας 2002/3/ΕΚ								

### - Διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>)

Πρόκειται για ένα άχρωμο μη εκρηκτικό αέριο, άοσμο σε μικρές συγκεντρώσεις και με έντονη ερεθιστική οσμή σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις. Πηγές διοξειδίου του θείου στην ατμόσφαιρα είναι τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι βιομηχανίες κυρίως πετρελαιοειδών, οι χημικές και μεταλλουργικές μονάδες και οι κεντρικές θερμάνσεις (Δελημπασής, 2010).

Το διοξείδιο του θείου όταν αντιδρά με τους υδρατμούς της ατμόσφαιρας παράγει όξινη βροχή (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), με επιπτώσεις τόσο στο φυσικό, όσο και στο δομημένο περιβάλλον. Σε συνδυασμό με τον καπνό και ιδιαίτερα σε περιπτώσεις μεγάλων συγκεντρώσεων υγρασίας, μπορεί να προκαλέσει πνευμονικές και καρδιακές παθήσεις, ενώ συνδέεται με περιπτώσεις άσθματος ή χρόνιας βρογχίτιδας (Ραψομανίκης, 2009).

Σύμφωνα με την Εικόνα 47, οι μέσες μηνιαίες τιμές της συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub> - μετρήσεις 1h) συναρτήσει του χρόνου σταδιακά μειώνονται, ενώ αυξημένες σχετικά συγκεντρώσεις παρατηρούνται κατά την περίοδο 1986-1988, 1997-1999 και 2006-2007.



**Εικόνα 47:** Διαχρονική εξέλιξη της συγκέντρωσης διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>) (μετρήσεις 1h, μηνιαίο βήμα).

Για την περίοδο 2001-2009, για την οποία υπάρχουν λεπτομερή δεδομένα, παρατηρείται ότι κατά τα έτη 2006 και 2007 οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του θείου ήταν αυξημένες αλλά εντός των θεσμοθετημένων ορίων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την προστασία της ανθρώπινης υγείας (Οδηγία 1999/30/ΕΚ), καθώς οι συγκεντρώσεις δεν ήταν μεγαλύτερες από 350 µg/m<sup>3</sup> (σε ωριαία βάση) ή από 125 µg/m<sup>3</sup> (σε ημερήσια βάση) περισσότερες από 25 και 3 φορές τον χρόνο αντίστοιχα (Πίνακας 23).

Ωστόσο, παρατηρείται υπέρβαση του ορίου για την προστασία του οικοσυστήματος (Οδηγία 1999/30/ΕΚ), καθώς για την περίοδο Οκτώβριος 2006 - Μάρτιος 2007 η μέση συγκέντρωση του διοξειδίου του θείου είναι 24,9 µg/m<sup>3</sup> (όταν το όριο για την χειμερινή περίοδο έχει θεσμοθετηθεί ίσο με 20 µg/m<sup>3</sup>) (Πίνακας 24).

**Πίνακας 24:** Μέση συγκέντρωση διοξειδίου του θείου κατά τη χειμερινή περίοδο (Οκτώβριος - Μάρτιος).

2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09
6,56	7,11	6,97	6,40	5,85	24,86	5,11	7,72

### - Διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>)

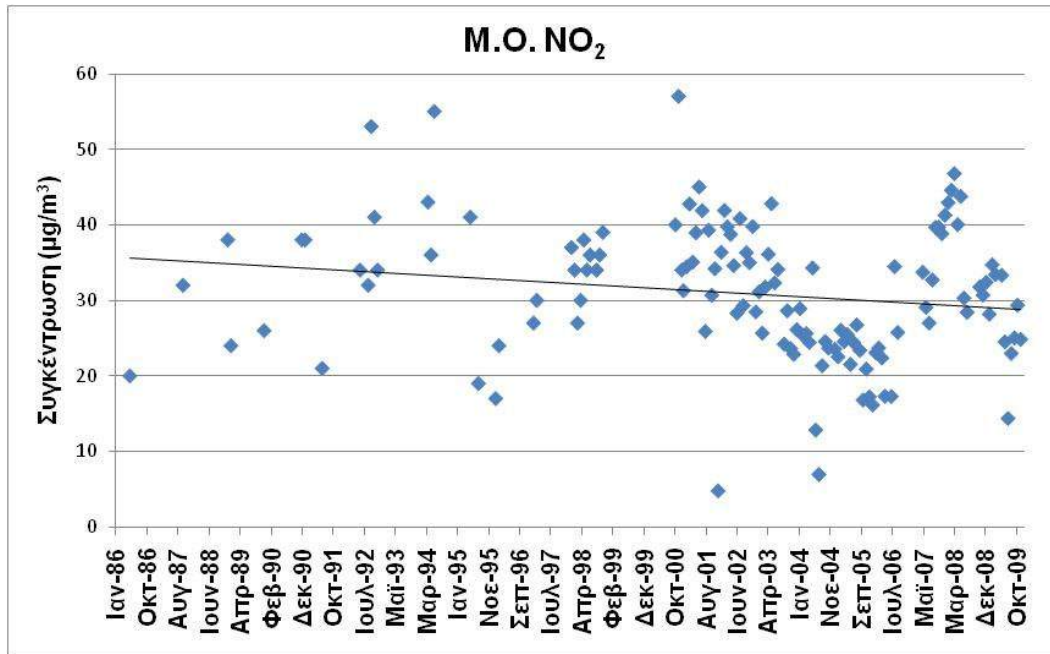
Το διοξείδιο του αζώτου είναι ένα καφέ - κίτρινου χρώματος αέριο με ιδιάζουσα οσμή. Πηγές του διοξειδίου του αζώτου είναι τα προϊόντα καύσης των αυτοκινήτων και των υπόλοιπων μέσων μεταφοράς, των βιομηχανικών καυστήρων και των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Δελημπασης, 2010).

Υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του αζώτου μπορεί να οδηγήσουν σε ποικιλία περιβαλλοντικών προβλημάτων και προβλημάτων υγείας αφού συνδέεται με περιπτώσεις άσθματος και είναι πιθανόν να διευκολύνει τις μολυσματικές ασθένειες (Ραψομανίκης, 2009).

Σύμφωνα με την Εικόνα 48, οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του αζώτου είναι σχετικά αυξημένες και σε κάποιες περιπτώσεις μεγαλύτερες από τη θεσμοθετημένη συγκέντρωση των 200 μg/m<sup>3</sup> (Οδηγία 1999/30/ΕΚ). Ιδιαίτερα αυξημένες συγκεντρώσεις παρατηρούνται κατά την περίοδο 2000-2001 και το 2008 (Πίνακας 25). Ωστόσο, παρατηρείται μία σταδιακή μείωση των συγκεντρώσεων διοξειδίου του αζώτου σε υπερετήσια κλίμακα, ενώ η μέση ετήσια συγκέντρωση είναι μικρότερη των 40 μg/m<sup>3</sup>. Επίσης, μετρήσεις διοξειδίου του θείου σε γειτονικό σταθμό (δημοτικό parking Ελευσίνας) κατά το 1999 έδειξαν υπερβάσεις της συγκέντρωσης των 200 μg/m<sup>3</sup> 65 φορές και κατά το 2000 34 φορές, όταν το θεσμοθετημένο όριο για την προστασία της ανθρώπινης υγείας από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Οδηγία 1999/30/ΕΚ) είναι 18 φορές σε ένα χρόνο (Χρηστίδης, 2011).

Παράλληλα, παρατηρείται υπέρβαση του θεσμοθετημένου από την Ευρωπαϊκή Ένωση ορίου των 30 μg/m<sup>3</sup> (μέσο ετήσιο) για την προστασία του οικοσυστήματος (Οδηγία 1999/30/ΕΚ) για μεγάλες χρονικές περιόδους (06/1992-05/1995, 02/1997-07/2003, 08/2007-06/2009).





**Εικόνα 48:** Διαχρονική εξέλιξη της συγκέντρωσης διοξειδίου του αζώτου (NO<sub>2</sub>) (μετρήσεις 1h, μηνιαίο βήμα).

**Πίνακας 25:** Μέση ετήσια συγκέντρωση διοξειδίου του αζώτου.

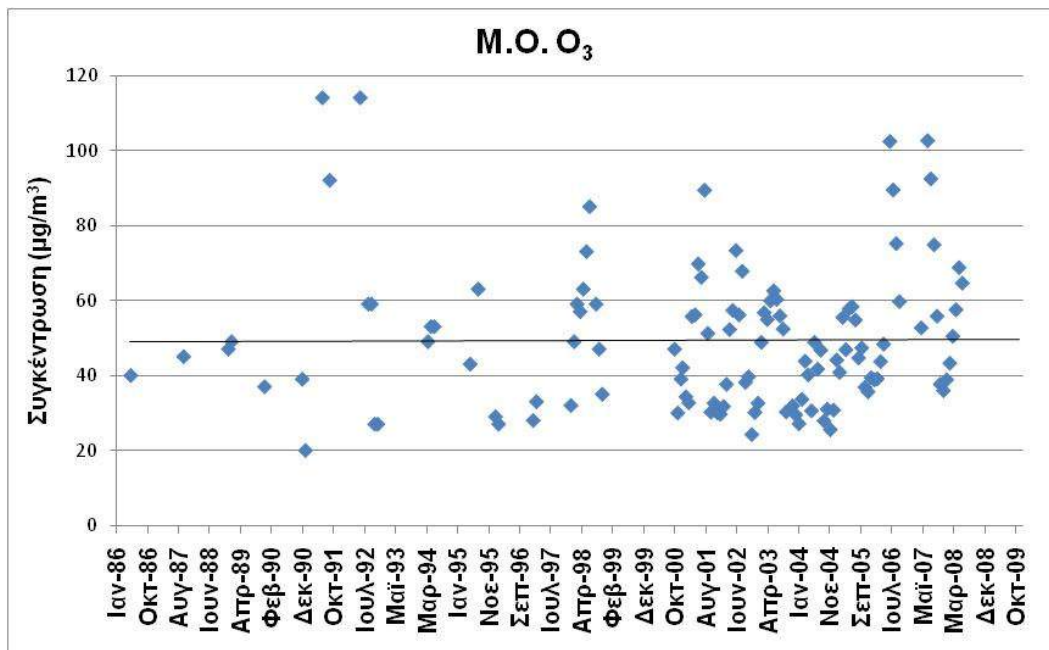
2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
35,7	35,7	30,2	24,6	22,8	23,3	35,4	38,1	27,2

- Όζον (O<sub>3</sub>)

Το όζον είναι ένα άχρωμο, με χαρακτηριστική οσμή αέριο της κατώτερης ατμόσφαιρας και σχηματίζεται από χημικές αντιδράσεις μεταξύ του οξυγόνου O<sub>2</sub>, πτητικών οργανικών ενώσεων VOC και οξειδίων του αζώτου NO<sub>x</sub> υπό συνθήκες έντονης ηλιακής ακτινοβολίας και υψηλών θερμοκρασιών. Η δημιουργία του όζοντος είναι μία φυσιολογική διαδικασία. Ωστόσο, σε περιοχές όπου λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων οι συγκεντρώσεις των οξειδίων του αζώτου και των πτητικών οργανικών ενώσεων είναι μεγάλες, επιτυγχάνεται σε υπέρμετρο βαθμό. Στις περιπτώσεις μεγάλων συγκεντρώσεων όζοντος, σε συνδυασμό με άλλα αέρια, έχουμε το φαινόμενο της αιθαλομίχλης (smog), το οποίο είναι ένα μίγμα αερίων ιδιαίτερα αντιδραστικό και οξειδωτικό. Τέλος, το όζον αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα αέρια που συμμετέχουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Οι σημαντικότερες πηγές όζοντος στην ατμόσφαιρα είναι τα οχήματα, τα εργοστάσια, οι χωματερές και τα χημικά διαλυτικά, καθώς και πολλές άλλες μικρότερες πηγές όπως βενζινάδικα, αγροτικός εξοπλισμός, κλπ. (Δελήμασης, 2010).

Υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος δημιουργούν πρόβλημα στο αναπνευστικό σύστημα, ενώ ερεθίζονται τα μάτια και μπορεί να αυξηθεί η ευαισθησία σε μολυσματικές ασθένειες. Είναι ισχυρό οξειδωτικό και τοξικό για κάποια είδη καλλιιεργειών και φυσικής βλάστησης (Ραψομανίκης, 2009).



**Εικόνα 49:** Διαχρονική εξέλιξη της συγκέντρωσης του όζοντος (O<sub>3</sub>) (μετρήσεις 1h, μηνιαίο βήμα).

Από την Εικόνα 49, παρατηρούμε ότι η μέση μηνιαία συγκέντρωση του όζοντος εμφανίζεται διαχρονικά σταθερή, με ιδιαίτερα ωστόσο υψηλές τιμές κατά το 1991-1992, 2001 και 2007-2008. Με βάση τον Πίνακα 23, η μέγιστη ημερήσια μέση τιμή δώρου υπερέβαινε το θεσμοθετημένο από την Ευρωπαϊκή Ένωση όριο των 120 µg/m<sup>3</sup> (Οδηγία 2002/3/EK) για περισσότερο από 25 φορές σε ένα χρόνο, για δύο (και όχι τρία) συνεχόμενα έτη (2006 - 2007) και συνεπώς το κριτήριο αυτό ποιότητας ικανοποιείται. Αντίστοιχα τα έτη 2001 - 2003 παρατηρήθηκαν υπερβάσεις του τότε θεσμοθετημένου ορίου των 110 µg/m<sup>3</sup> (Οδηγία 1992/72/EK). Το 2007 είχαμε ακόμα και 12 υπερβάσεις του ορίου ενημέρωσης των 180 µg/m<sup>3</sup> σε ωριαία βάση (Οδηγία 2002/3/EK).

Αναφορικά με την παράμετρο ΑΟΤ40<sup>1</sup>, αυτή σε πολλές περιπτώσεις παίρνει τιμές μεγαλύτερες από τις θεσμοθετημένες από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Οδηγία 2002/3/ΕΚ), για την προστασία της βλάστησης (18.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$  και 6.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$  μακροπρόθεσμα για την περίοδο Μάιου - Ιουλίου). Πιο συγκεκριμένα τις περιόδους 2001-2003 και 2006-2008 η παράμετρος ΑΟΤ40 πήρε τιμές μεγαλύτερες από 6.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ , ενώ το 2007 οι τιμές ήταν μεγαλύτερες και από το όριο των 18.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$  (λαμβάνοντας υπόψη τα μεγάλα κενά στις μετρήσεις).

Αντίστοιχα, η παράμετρος ΑΟΤ40 πήρε τιμές μεγαλύτερες από τις θεσμοθετημένες από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Οδηγία 2002/3/ΕΚ) για την προστασία των δασών 18.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$  τις χρονιές 2001, 2006 και 2007 (Πίνακας 26).

**Πίνακας 26:** Τιμές της παραμέτρου ΑΟΤ40.

Έτος	ΑΟΤ40 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ ) Μάιος-Ιούλιος Προστασία βλάστησης	ΑΟΤ40 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ ) Απρίλιος-Σεπτέμβριος Προστασία δασών	Σχόλια
2001	14.850	28.172	Κενά στις μετρήσεις
2002	9.714	15.884	Κενά στις μετρήσεις
2003	8.487	12.963	-
2004	313	1.569	Κενά στις μετρήσεις
2005	3.584	6.581	Κενά στις μετρήσεις
2006	7.057	21.977	Δεν έγιναν μετρήσεις την περίοδο 30/05-18/07/2006
2007	16.497	35.365	Δεν έγιναν μετρήσεις τις περιόδους 01/04-14/05/2007 και 29/05-30/06/2007
2008	5.865	8.061	Δεν έγιναν μετρήσεις την περίοδο 25/06-30/09/2008
2009	-	-	Δεν έγιναν μετρήσεις όζοντος

<sup>1</sup> Ως ΑΟΤ40 (εκπεφρασμένου σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ ) ορίζεται το άθροισμα της διαφοράς μεταξύ ωριαίων συγκεντρώσεων άνω των 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (= 40 μέρη ανά δεκατομμύριο) και των 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  σε μια δεδομένη χρονική περίοδο χρησιμοποιώντας μόνο τις ωριαίες τιμές που μετρώνται μεταξύ 8:00 και 20:00 (ώρα Κεντρικής Ευρώπης) κάθε μέρα.

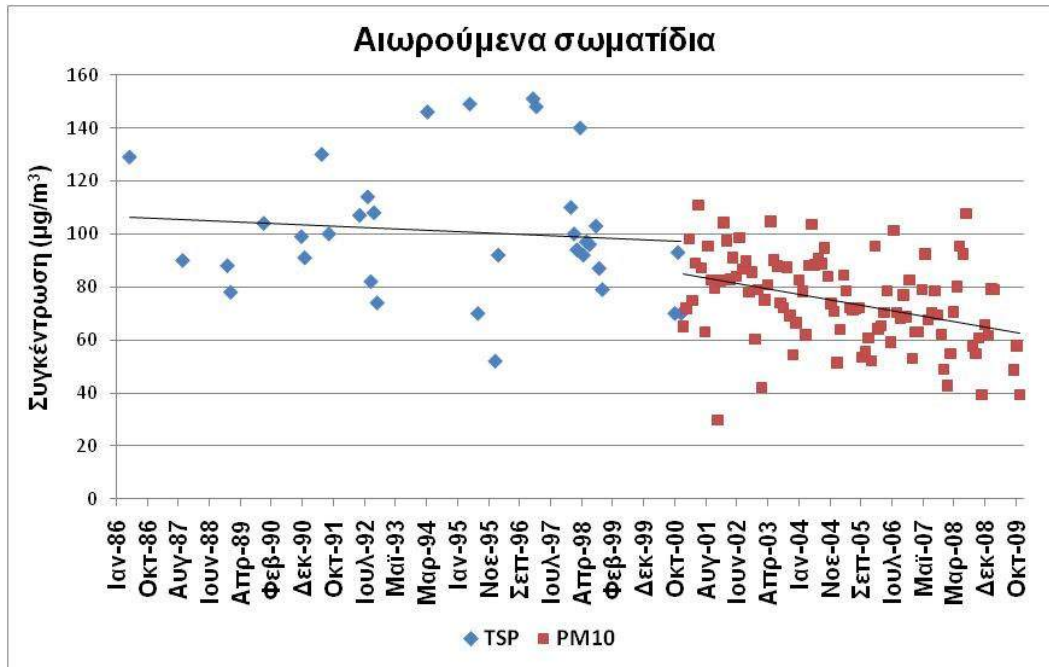
### - Αιωρούμενα σωματίδια

Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι οποιοδήποτε συστατικό της ατμόσφαιρας, εκτός από το καθαρό νερό, που υπάρχουν σε υγρή ή στερεή κατάσταση, κάτω από φυσιολογικές συνθήκες. Είναι μικροσκοπικά σε μέγεθος αλλά έχουν μεγαλύτερες διαστάσεις από αυτές του ενός μορίου ( $>0,001 \mu\text{m}$ ) και μπορούν να αιωρούνται στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα (Ραψομανίκης, 2009).

Οι πηγές εισόδου των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα είναι φυσικές, όπως η σκόνη από την αποσάθρωση των εδαφών, οι πυρκαγιές δασών, η μεταφερόμενη σκόνη και οι σχετικές ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως η βιομηχανία, οι οικιακές εστίες καύσης, τα μέσα μεταφοράς, οι αγροτικές και κατασκευαστικές δραστηριότητες (Δελήμπασης, 2010).

Από το διάγραμμα στην Εικόνα 50 προκύπτει ότι η συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων, τόσο των συνολικών αιωρούμενων σωματιδίων (TSP, περίοδος μετρήσεων 1986-2000), όσο και των εισπνεύσιμων αιωρούμενων σωματιδίων με  $d < 10 \mu\text{m}$  (PM10, περίοδος μετρήσεων 2001-2009), σταδιακά μειώνεται. Ωστόσο, η συγκέντρωσή των εισπνεύσιμων αιωρούμενων σωματιδίων PM10, υπερβαίνουν κατά πολύ το θεσμοθετημένο από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Οδηγία 1999/30/EK) όριο των  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , το οποίο ισχύει από το 2010 (Στάδιο 2), ή ακόμα και από το όριο των  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , το οποίο ίσχυε από το 2005 έως το 2010 (Στάδιο 1) (Πίνακας 27).

Παράλληλα, με βάση τον Πίνακα 23, παρατηρούνται υπερβάσεις σε όλο το πλήθος των μετρήσεων των θεσμοθετημένων από την Ευρωπαϊκή Ένωση ορίων για την προστασία της ανθρώπινης υγείας (Οδηγία 1999/30/EK), σύμφωνα με την οποία δεν πρέπει η συγκέντρωση των εισπνεύσιμων αιωρούμενων σωματιδίων PM10 να είναι μεγαλύτερη από  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (σε 24ωρη βάση) περισσότερες από 7 φορές (Στάδιο 2) ή 35 φορές το χρόνο (Στάδιο 1).



**Εικόνα 50:** Διαχρονική εξέλιξη των εισπνεύσιμων αιωρούμενων σωματιδίων (μετρήσεις 1h, μηνιαίο βήμα).

**Πίνακας 27:** Μέση ετήσια συγκέντρωση εισπνεύσιμων αιωρούμενων σωματιδίων.

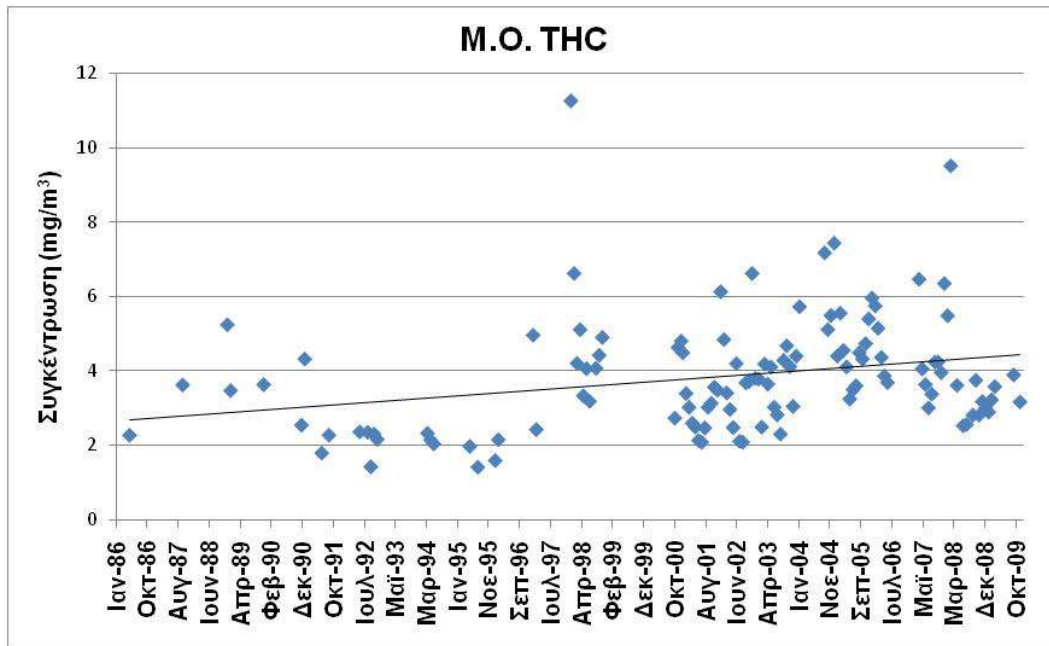
2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
80,7	86,4	77,0	82,9	67,0	72,8	69,1	70,3	62,5

**- Υδρογονάνθρακες (THC)**

Οι υδρογονάνθρακες, όπως τα αλκάνια, είναι σχετικά αδρανείς χημικά ενώσεις στην ατμόσφαιρα, οι οποίες όμως μπορούν να αντιδράσουν φωτοχημικά με το μονοξείδιο του αζώτου (CO) για την παραγωγή όζοντος (O<sub>3</sub>). Πηγές υδρογονανθράκων στην ατμόσφαιρα είναι κυρίως τα αυτοκίνητα αλλά και οι βιομηχανίες διύλισης και εμπορίας καυσίμων.

Από το διάγραμμα στην Εικόνα 51 που ακολουθεί προκύπτει ότι η συγκέντρωση των υδρογονανθράκων σταδιακά αυξάνεται και βρίσκεται σε αρκετά υψηλά επίπεδα. Υπενθυμίζεται ότι δεν υπάρχουν θεσμοθετημένα όρια για την συγκέντρωση των υδρογονανθράκων στην ατμόσφαιρα.

Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στις έντονες οσμές που παρατηρούνται στην ευρύτερη περιοχή της Λίμνης Κουμουνδούρου, μέσα στα όρια της ΠΕΤΡΟΛΑ αλλά και στα όρια των ΕΛ.ΠΕ., οι οποίες οφείλονται στην παραγωγική διαδικασία των δυλιστηρίων (Χρηστίδης, 2011).

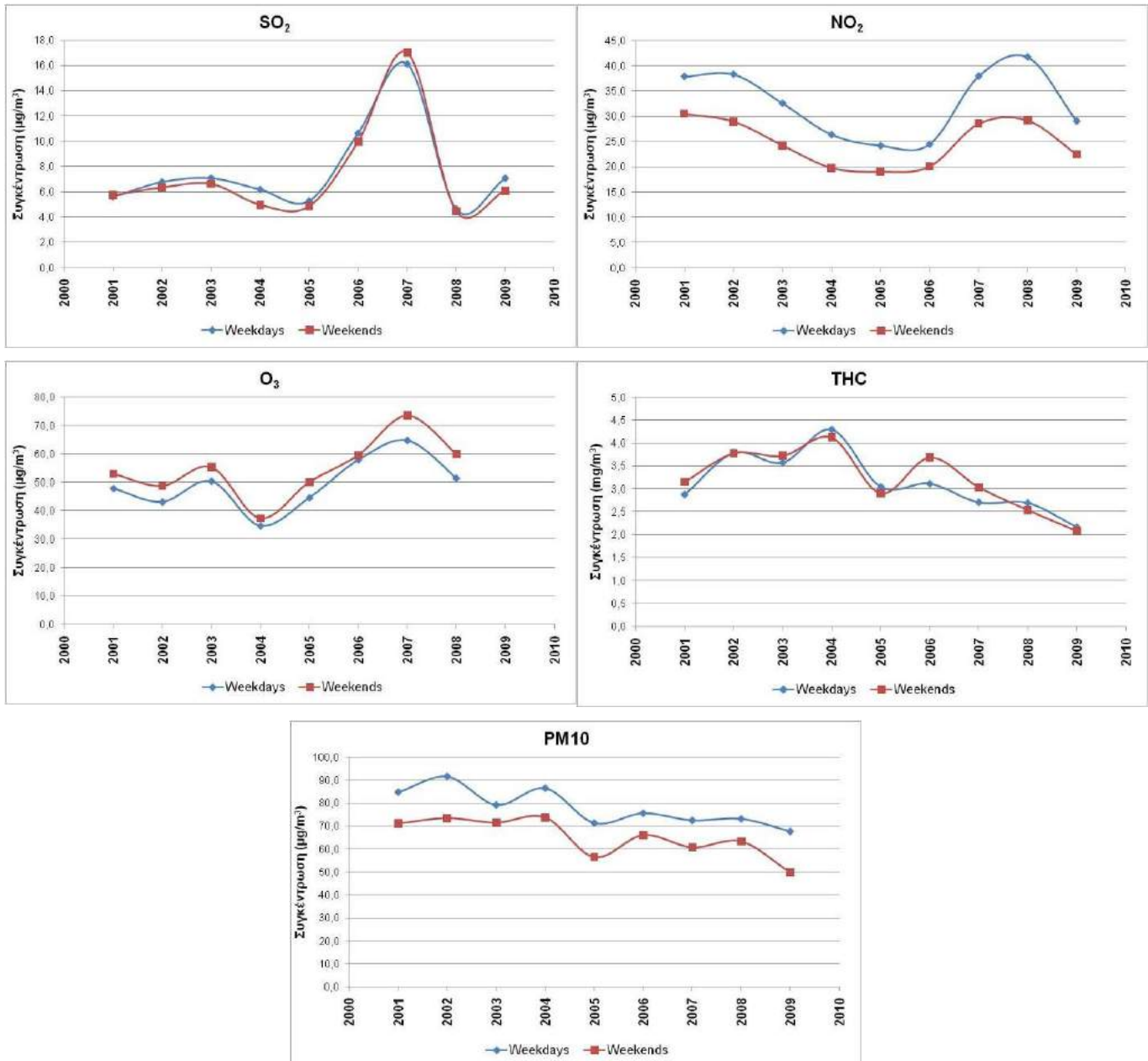


**Εικόνα 51:** Διαχρονική εξέλιξη των υδρογονανθράκων (THC) (μετρήσεις 1h, μηνιαίο βήμα).

#### 4.4.4. Το φαινόμενο του σαββατοκύριακου

Ένα βασικό χαρακτηριστικό των ατμοσφαιρικών ρύπων σε μία περιοχή όπου οι ανθρώπινες δραστηριότητες διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη σύσταση της ατμόσφαιρας, είναι η περιοδική μεταβολή τους μέσα στην εβδομάδα. Πρόκειται για το γνωστό Φαινόμενο του Σαββατοκύριακου, κατά το οποίο παρατηρείται μείωση των συγκεντρώσεων των ρύπων κατά τη διάρκεια του σαββατοκύριακου συγκριτικά με τις υπόλοιπες ημέρες της εβδομάδας, λόγω της διαφοροποίησης των βασικότερων δραστηριοτήτων της περιοχής, όπως περιορισμός του κυκλοφοριακού φόρτου και της λειτουργίας των βιομηχανιών - βιοτεχνιών.

Πράγματι, με βάση τα δεδομένα της τελευταίας δεκαετίας (2001-2009), για την οποία υπάρχουν λεπτομερή δεδομένα, προκύπτει ότι στην πλειονότητα των περιπτώσεων οι ατμοσφαιρικοί ρύποι μειώνονται το σαββατοκύριακο (Εικόνα 52).



**Εικόνα 52:** Μεταβολή της μέσης ετήσια συγκέντρωσης (ωριαίες μετρήσεις) των σημαντικότερων ατμοσφαιρικών ρύπων τα σαββατοκύριακα και μεσοβδόμαδα.

Πιο συγκεκριμένα, οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>) εμφανίζονται ελαφρά μειωμένες κατά περίπου 6% κατά τα σαββατοκύριακα, το διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>) εμφανίζεται σαφώς μειωμένο κατά ένα ποσοστό 24% περίπου, ενώ μείωση εμφανίζουν και τα εισπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια (PM10), κατά ποσοστό 17% περίπου.

Αντίθετα, οι συγκεντρώσεις του όζοντος (O<sub>3</sub>) εμφανίζονται αυξημένες κατά τα σαββατοκύριακα κατά 11% περίπου, όπως και οι υδρογονάνθρακες, οι οποίοι είναι οριακά αυξημένοι κατά 3% περίπου. Το φαινόμενο αυτό έχει καταγραφεί σε πολλές πόλεις του κόσμου και συνδέεται με πολύπλοκες φωτο-οξειδωτικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στην τροπόσφαιρα (στα χαμηλότερα 15 km της ατμόσφαιρας).

Τέλος, η οριακή αύξηση της συγκέντρωσης των υδρογονανθράκων (THC) κατά τα σαββατοκύριακα μπορεί να αποδοθεί στην λειτουργία των διυλιστηρίων της περιοχής ολόκληρη την εβδομάδα, γεγονός που οδηγεί και στο συμπέρασμα ότι η βασική πηγή υδρογονανθράκων στην ατμόσφαιρα στην ευρύτερη περιοχή του Θριάσιου πεδίου είναι πρωτίστως τα διυλιστήρια και λιγότερα τα αυτοκίνητα και τα υπόλοιπα μέσα μεταφοράς.



## 5. ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΥΜΟΥΝΔΟΥΡΟΥ

### 5.1. Προϋπάρχουσες μελέτες

Η Λίμνη Κουμουνδούρου, λόγω της γειτνιάσής της με την Αθήνα, του σημαντικού πολιτιστικού ενδιαφέροντος που παρουσιάζει, αλλά και λόγω του έντονα βιομηχανοποιημένου χαρακτήρα της περιοχής στην οποία εντοπίζεται, συχνά αποτελεί αντικείμενο μελέτης και αξιολόγησης.

Ορισμένες από τις πιο σημαντικές παρελθούσες μελέτες που σχετίζονται με την ποιότητα νερού της Λ. Κουμουνδούρου περιλαμβάνουν:

- 1) την προκαταρκτική μελέτη σκοπιμότητας για την περιβαλλοντική αναβάθμιση της Λίμνης Κουμουνδούρου που ανάθεσε η Νομαρχία Δυτικής Αττικής στα πλαίσια της αναβάθμισης του Θριάσιου πεδίου στον Τομέα Περιβαλλοντικών Ερευνών του Ινστιτούτου Εσωτερικών Υδάτων του Εθνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (1994). Στα πλαίσια της συγκεκριμένης μελέτης πραγματοποιήθηκαν μηνιαίες δειγματοληψίες στην λίμνη από το Μάιο έως τον Οκτώβριο του 1993 σε ένα δίκτυο δειγματοληψιών αποτελούμενο από 11 σημεία. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής δημοσιεύτηκαν από τους Conides & Pargoua το 1997.
- 2) τη διδακτορική διατριβή της Α. Παυλίδου με τίτλο "Μελέτη μορφών μετάλλων σε μικροπεριβάλλοντα του κόλπου της Ελευσίνας με χρήση ανοδικής αναδιαλυτικής βολτομετρίας" (1998), κατά την οποία πραγματοποιήθηκε σειρά δειγματοληψιών στη Λίμνη Κουμουνδούρου (1994-95).
- 3) Την υδρογεωλογική μελέτη του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών στην ευρύτερη περιοχή της Λίμνης Κουμουνδούρου εκ μέρους της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Δυτικής Αττικής (Μιμίδης, 1998). Στα πλαίσια της μελέτης αυτής πραγματοποιήθηκαν πλήθος μετρήσεων στο νερό και το ίζημα της Λίμνης Κουμουνδούρου, καθώς και στον υπόγειο υδροφορέα της ευρύτερης περιοχής.
- 4) Την μελέτη της ποιότητας των υπόγειων νερών, των νερών της Λίμνης Κουμουνδούρου και του παρακείμενου θαλάσσιου χώρου μετά τη λειτουργία του νέου χώρου υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (Χ.Υ.Τ.Α.) που ανατέθηκε από τον ΕΣΔΚΝΑ στο Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας του Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών και υλοποιήθηκε στο διάστημα 2002-2004. Στα πλαίσια της μελέτης αυτής πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ιχνοστοιχείων, οργανικού - ανόργανου άνθρακα και υδραργύρου του ιζήματος της λίμνης Κουμουνδούρου καθώς και μετρήσεις φυσικοχημικών,

χημικών, βαρέων μετάλλων, μικροβιολογικών φορτίων, χλωροφύλλης-α και φυτοπλαγκτού στο νερό της Λίμνης Κουμουνδούρου.

- 5) Τη μελέτη της ποιοτικής κατάστασης της λίμνης Κουμουνδούρου που ανατέθηκε το 2006 στο Ινστιτούτο Εσωτερικών Υδάτων του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών από τον Δήμο Ασπρόπυργου, με αφορμή τον αιφνίδιο θάνατο σημαντικού αριθμού ψαριών. Στη συγκεκριμένη μελέτη πραγματοποιήθηκε μία δειγματοληψία, τον Ιούλιο του 2006 σε δίκτυο 7 σημείων.
- 6) Τις ετήσιες μετρήσεις του Αναπτυξιακού Συνδέσμου Θριάσιου πεδίου από το 1984 έως το 2006 στα νερά και το ίζημα της Λίμνης Κουμουνδούρου.

## 5.2. Φυσικοχημικές παράμετροι και υδροχημεία

### 5.2.1. Πρόγραμμα ποιοτικής παρακολούθησης υδάτων Λίμνης Κουμουνδούρου

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης πραγματοποιούνται δειγματοληψίες νερού από τη Λίμνη Κουμουνδούρου σε δίκτυο πέντε (5) σημείων κάθε δύο μήνες (Εικόνα 53,

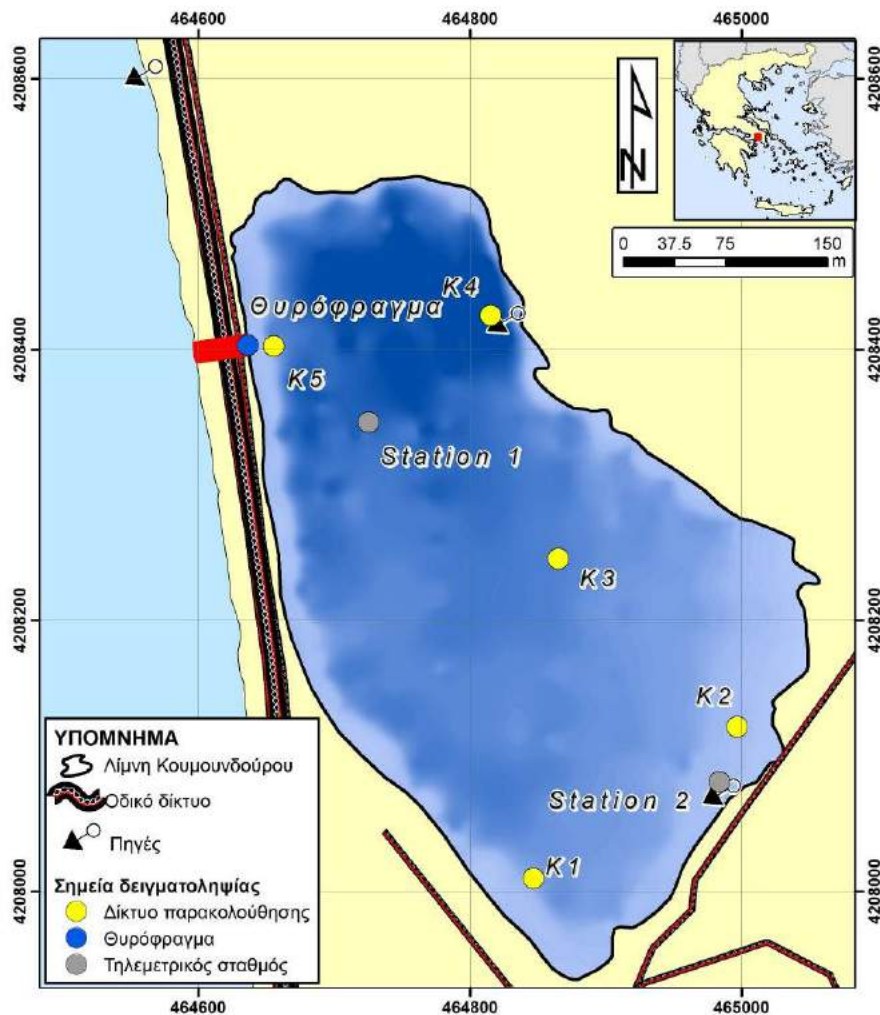
Πίνακας 28). Το δίκτυο θεσπίστηκε με στόχο την χωρική κάλυψη ολόκληρης της λίμνης, αλλά λαμβάνοντας υπόψη και την θέση των υπολίμνιων πηγών, τις ανθρωπογενείς πιέσεις, τα διαφορετικά ενδιαιτήματα, καθώς και τις υδρομορφολογικές συνθήκες της λίμνης. Κατά τη συλλογή των δειγμάτων μετρούνται επιτόπου με φορητά όργανα οι φυσικοχημικές παράμετροι του νερού. Πιο συγκεκριμένα, γίνονται μετρήσεις θερμοκρασίας, pH, αγωγιμότητας, διαλυμένου οξυγόνου, αλατότητας, θολότητας και δυναμικού οξειδοαναγωγής. Οι μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων πραγματοποιούνται με το φορητό πολυπαραμετρικό όργανο HI 9828 της εταιρείας Hanna Instruments. Πριν από κάθε δειγματοληψία πραγματοποιείται βαθμονόμηση του οργάνου, όπως απαιτείται από την διεθνή επιστημονική πρακτική.

Στη συνέχεια, γίνονται εργαστηριακές αναλύσεις για τον προσδιορισμό των νιτρικών ( $\text{NO}_3^-$ ), νιτρωδών ( $\text{NO}_2^-$ ), αμμωνιακών ( $\text{NH}_4^+$ ), θειικών ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), φωσφορικών ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), πυριτικών ( $\text{SiO}_4^{4-}$ ) χλωριούχων ( $\text{Cl}^-$ ), ανθρακικών ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) και όξινων ανθρακικών ( $\text{HCO}_3^-$ ) ιόντων, καθώς και των ιόντων ασβεστίου ( $\text{Ca}^{2+}$ ), μαγνησίου ( $\text{Mg}^{2+}$ ), νατρίου ( $\text{Na}^+$ ) και καλίου ( $\text{K}^+$ ).

Παράλληλα, στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, εγκαταστάθηκαν τον Απρίλιο 2011, 2 αυτόματοι σταθμοί παρακολούθησης φυσικοχημικών παραμέτρων για την παρακολούθηση της διακύμανσης της

θερμοκρασίας, του pH, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, της ειδικής αντίστασης, της αλατότητας, του TDS, του διαλυμένου οξυγόνου, του δυναμικού οξειδοαναγωγής και της θολότητας του νερού της λίμνης Κουμουνδούρου. Οι μετρήσεις των φυσικοχημικών αυτών παραμέτρων πραγματοποιούνται σε δεκάλεπτο βήμα με το πολυπαραμετρικό όργανο Aquameter της εταιρείας Aquaread.

Οι μετρήσεις που λαμβάνονται στα πλαίσια του παρόντος έργου παρουσιάζονται σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα παρελθόντων μετρήσεων για να διαπιστωθούν διαχρονικές τάσεις υποβάθμισης ή βελτίωσης των ποιοτικών παραμέτρων της Λίμνης.



Εικόνα 53: Δίκτυο ποιοτικής παρακολούθησης της Λίμνης Κουμουνδούρου.

**Πίνακας 28:** Δίκτυο ποιοτικής παρακολούθησης της Λίμνης Κουμουνδούρου.

Σημείο δευματοληψίας	Συντεταγμένη X WGS84 (dd)	Συντεταγμένη Y WGS84 (dd)	Συντεταγμένη X ΕΓΣΑ87	Συντεταγμένη Y ΕΓΣΑ87	Είδος σταθμού
K1	23.601200	38.021700	464846.942	4208009.817	Δευματοληπτικός
K2	23.602903	38.022714	464996.919	4208121.699	Δευματοληπτικός
K3	23.601397	38.023826	464865.244	4208245.631	Δευματοληπτικός
K4	23.600367	38.026021	464775.897	4208489.572	Δευματοληπτικός
K4'	38.026124	23.601060	464836.789	4208500.683	Δευματοληπτικός
K5	23.599000	38.025232	464655.532	4208402.539	Δευματοληπτικός
Thirofragma	23.598784	38.025238	464636.561	4208403.291	Δευματοληπτικός
Station 1	38.024729	23.599801	464725.578	4208346.451	Τηλεμετρικός
Station 2	38.022346	23.602756	464983.832	4208080.921	Αυτογραφικός

### 5.2.2. Αποτελέσματα μετρήσεων φυσικοχημικών παραμέτρων

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα βασικά στατιστικά στοιχεία του συνόλου των φυσικοχημικών και χημικών μετρήσεων που είναι διαθέσιμες από παλαιότερες μελέτες αλλά και από την παρούσα ερευνητική προσπάθεια (Πίνακας 29 και Πίνακας 30).

**Πίνακας 29:** Στατιστικά στοιχεία φυσικοχημικών παραμέτρων διάφορων μελετών στην περιοχή του θυροφράγματος της Λίμνης Κουμουνδούρου για την περίοδο 1984-2012.

Παράμετρος	Μονάδες	Αριθμός μετρήσεων	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
pH	-	119	6.7	8.9	8.0	0.3
T	°C	60	7.2	28.7	18.4	6.7
D.O.	mg/l	56	4.9	14.8	9.0	2.2
Ηλ.Αγωγ.	μS/cm	112	8982	27400	21338	3639
Αλατότητα	ppt	11	5.6	17.2	10.6	4.0
Θολότητα	NTU	80	0.0	10.0	2.1	2.5

**Πίνακας 30:** Στατιστικά στοιχεία των φυσικοχημικών μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στην Λίμνη Κουμουνδούρου στα πλαίσια της παρούσας μελέτης (περίοδος από 12/2010 - 01/2012).

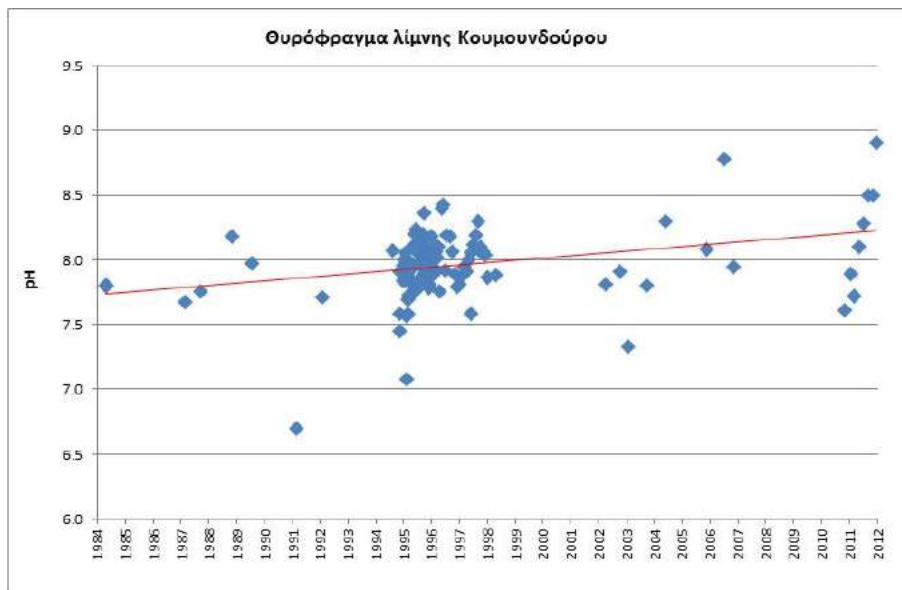
Παράμετρος	Μονάδες	Αριθμός μετρήσεων	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
pH	-	41	7.5	10.2	8.5	0.8
T	°C	41	6.5	31.0	18.0	8.1
D.O.	mg/l	41	2.0	24.3	11.1	4.7
Ηλ.Αγωγ.	μS/cm	41	8600	14490	12269	1885
Αλατότητα	ppt	35	5.3	8.4	7.2	1.0
Θολότητα	NTU	30	0.8	8.2	2.5	1.5
Δυναμικό οξειδοαναγωγής	mV	41	-546.4	114.0	-103.3	152.2

## - pH

Η τιμή του pH στα περισσότερα φυσικά νερά κυμαίνεται από 6 έως 9, ενώ εισροή όξινων ή αλκαλικών βιομηχανικών αποβλήτων είναι δυνατό να προκαλέσει την μεταβολή της. Επίσης, η αύξηση της φωτοσύνθεσης κατά την διάρκεια της θερμής περιόδου του έτους μπορεί να αυξήσει σημαντικά την τιμή του pH στο νερό ενώ αντίθετα η αποσύνθεση οργανικής ύλης τείνει να την μειώσει.

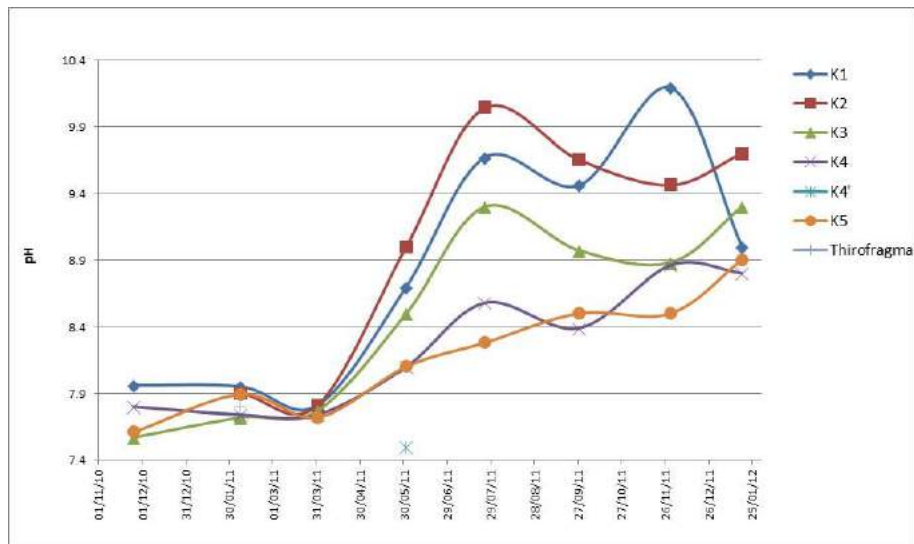
Στην παλαιότερη μελέτη του Ε.Κ.Θ.Ε. (1994) οι τιμές του pH δεν εμφανίζουν κατακόρυφη διαφοροποίηση, εμφανίζεται ωστόσο λίγο αυξημένο στα δυτικά και νότια όρια της λίμνης και κυμαίνεται από 6,1 έως 7,6. Η Παυλίδου (1998) υπολογίζει τη μέση τιμή του pH για τη περίοδο 1994-95 7,8. Με βάση τον Μιμίδη (1998) το pH για την περίοδο 1994-97 κυμαίνεται από 7,00 έως 8,20, ενώ στη μελέτη του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. (2004) ο μέσος όρος του pH εντός του υδρολογικού έτους 2002-03 ήταν 7,6. Αλκαλικό pH 8,2 ωστόσο μετρήθηκε από το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. (2006).

Σε ολόκληρη την περίοδο των διαθέσιμων μετρήσεων (1984 - 2012), το pH στην λίμνη Κουμουνδούρου, στην περιοχή του θυροφράγματος, είναι ελαφρά όξινο έως βασικό και κυμαίνεται από 6,7 έως 8,9 με μέση τιμή 8,0, ενώ διαχρονικά παρατηρείται μία μικρή τάση αύξησης της τιμής του (Εικόνα 54).



**Εικόνα 54:** Διαχρονική μεταβολή του pH στην περιοχή του θυροφράγματος της Λίμνης Κουμουνδούρου (1984-2012).

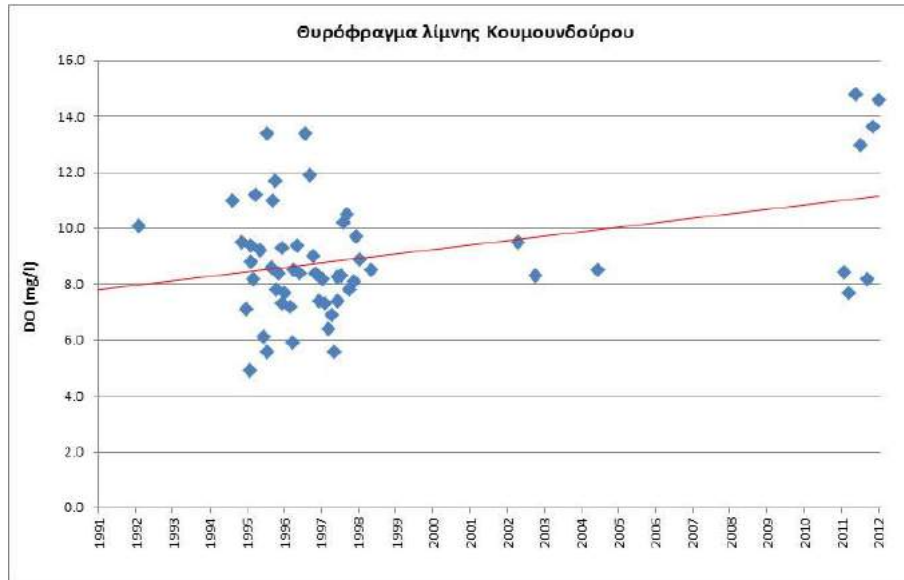
Με βάση τις μετρήσεις της παρούσας μελέτης το pH χαρακτηρίζεται ως βασικό και η τιμή του κυμαίνεται από 7,5 έως 10,2, με μέση τιμή 8,5 ενώ σταδιακά οι τιμές του pH αρχικά αυξάνονται σε όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας και στη συνέχεια σταθεροποιούνται (Εικόνα 55). Είναι χαρακτηριστικό ακόμα το γεγονός ότι οι μεγαλύτερες τιμές του pH συναντώνται στους σταθμούς που βρίσκονται στο κεντρικό και νότιο τμήμα της λίμνης (K1, K2, K3) και οι μικρότερες στο βόρειο τμήμα (K5, K4). Η αύξηση του pH κατά την καλοκαιρινή περίοδο και ιδιαίτερα στους αβαθείς σταθμούς, όπου παρατηρείται έντονη βλάστηση, είναι πιθανό να οφείλεται στην αυξημένη φωτοσύνθεση κατά την συγκεκριμένη περίοδο λόγω μεγάλων θερμοκρασιών, ενώ κατά τις τελευταίες δειγματοληψίες παρατηρείται σταδιακή σταθεροποίηση της τιμή του pH στους περισσότερους σταθμούς, όπως είναι αναμενόμενο.



**Εικόνα 55:** Διακύμανση του pH στους σταθμούς δειγματοληψίας της Λίμνης Κουμουνδούρου (2010-12).

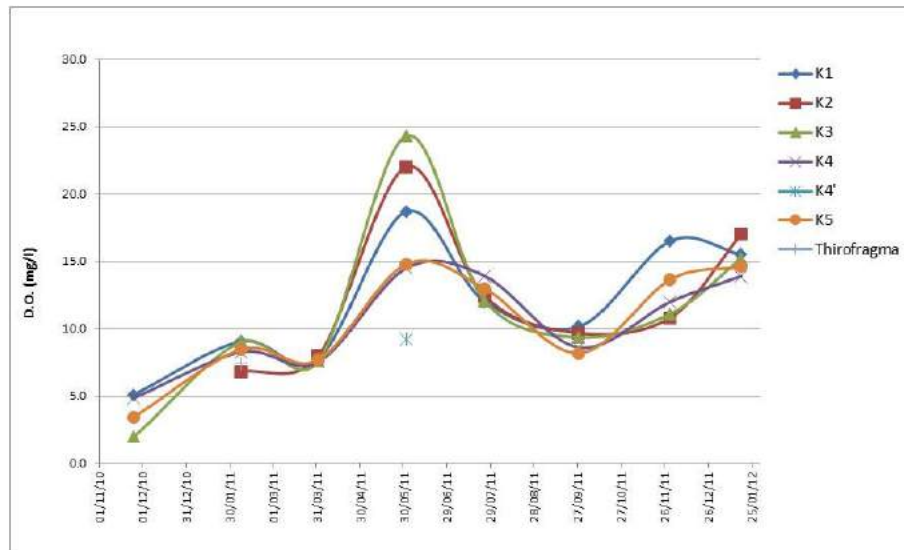
#### - Διαλυμένο οξυγόνο

Το διαλυμένο οξυγόνο, στην περιοχή του θυροφράγματος παίρνει σχετικά ικανοποιητικές τιμές και στην πλειονότητα των περιπτώσεων, κατά την περίοδο 1991 - 2012, κυμαίνεται από 4,9 έως 14,8 mg/l με μέση τιμή 9,0 mg/l, ενώ παρατηρείται μια ιδιαίτερα αυξημένη τιμή του διαλυμένου οξυγόνου κατά τις τελευταίες δειγματοληψίες (01/06/2011: 14,8 mg/l, 25/07/2011: 12,96 mg/l, 30/11/2011: 13,63 mg/l, 18/01/2012: 14,60 mg/l, Εικόνα 56).



**Εικόνα 56:** Διαχρονική μεταβολή του Διαλυμένου Οξυγόνου (D.O.) στην περιοχή του θυροφράγματος της Λίμνης Κουμουνδούρου (1992-2012).

Επιπρόσθετα, με βάση τις μετρήσεις της παρούσας μελέτης, η τιμή του διαλυμένου οξυγόνου στη λίμνη Κουμουνδούρου αυξάνεται ελαφρά κατά την χειμερινή περίοδο έως τον Φεβρουάριο, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στις χαμηλές θερμοκρασίες της εποχής, έπειτα μειώνεται ελαφρώς την άνοιξη όπου παρατηρείται υψηλή παροχή των πηγών τροφοδοσίας της λίμνης (το υπόγειο νερό έχει λιγότερο οξυγόνο από το επιφανειακό) και αυξάνεται κατά την αρχή της καλοκαιρινής περιόδου (λόγω αυξημένης φωτοσύνθεσης). Στη συνέχεια έχουμε σταδιακή μείωση των τιμών, λόγω των αυξημένων θερμοκρασιών και της μείωσης του ρυθμού φωτοσύνθεσης ενώ κατά την φθινοπωρινή περίοδο αυξάνονται και πάλι οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου λόγω της μείωσης της θερμοκρασίας του νερού και της εισροής υπόγειου νερού στη λίμνη (Εικόνα 57). Οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου στην λίμνη κυμαίνονται από 2,0 έως 24,3 mg/l, με μέση τιμή 11,1 mg/l, η οποία θεωρείται ικανοποιητική δεδομένου του υφάλμυρου χαρακτήρα της λίμνης. Η πολύ υψηλή τιμή οξυγόνου της θερινής περιόδου δεν έχει καταγραφεί ξανά στις παρελθούσες μελέτες και υποδεικνύει ότι υπάρχει κατά πάσα πιθανότητα εντονότερη φωτοσυνθετική δραστηριότητα σήμερα σε σχέση με το παρελθόν (είναι πιθανό να επηρεάζουν μερικώς τις μετρήσεις και οι εκλύσεις αερίων από τον πυθμένα της λίμνης κατά την καλοκαιρινή περίοδο, Εικόνα 57).



**Εικόνα 57:** Διακύμανση του διαλυμένου οξυγόνου στους σταθμούς δειγματοληψίας της Λίμνης Κουμουνδούρου (2010-12).

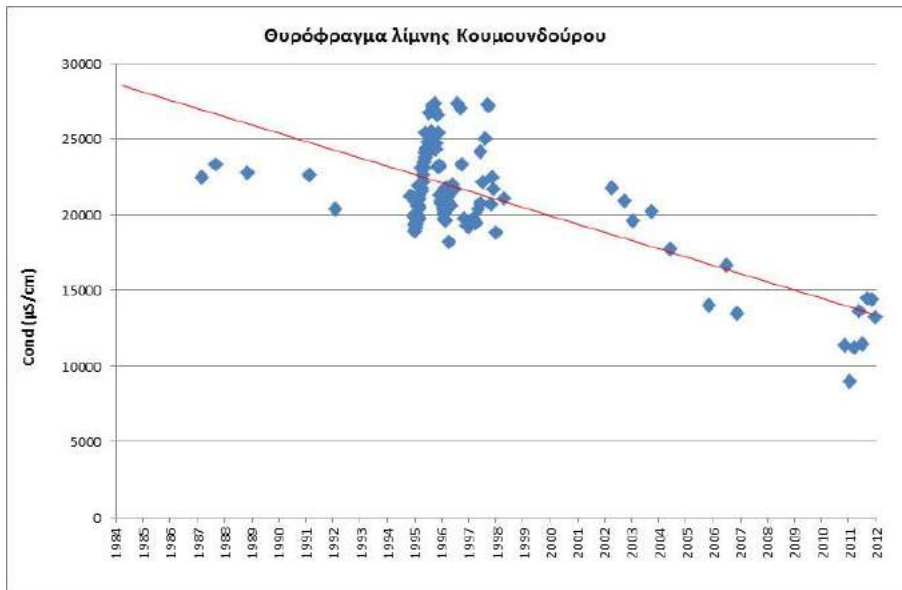
#### - Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Αναφορικά με της διαχρονική μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στην περιοχή του θυροφράγματος της λίμνης Κουμουνδούρου, προκύπτει ότι επικρατεί μία έντονα πτωτική τάση (Πίνακας 29, Εικόνα 58). Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στην σταδιακή ανύψωση της στάθμης της λίμνης από το 1994 και μετά, λόγω της κατασκευής του θυροφράγματος, που περιορίζει την είσοδο θαλασσινού νερού στη λίμνη. Οι τιμές της αγωγιμότητας κυμαίνονται από 8.982 έως 27.400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , με μέση τιμή 21.338,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

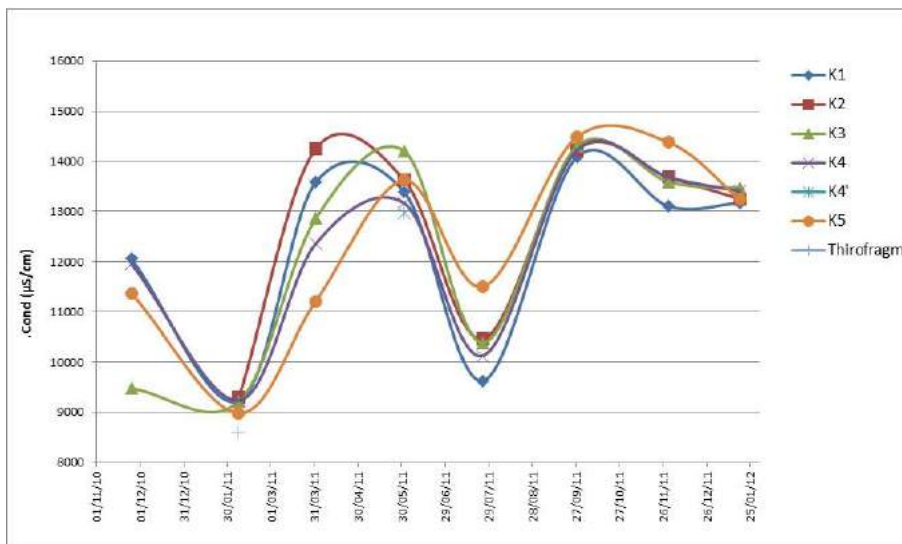
Από τις μετρήσεις της παρούσας μελέτης προκύπτει ότι η αγωγιμότητα παίρνει τις μικρότερες τιμές της κατά τη δειγματοληψία του Φεβρουαρίου του 2011, όταν οι παροχές των πηγών της λίμνης είναι μεγαλύτερες και οι βροχοπτώσεις υψηλότερες. Στη συνέχεια έχουμε σταδιακή αύξηση των τιμών κατά τους ανοιξιάτικους μήνες, λόγω της μείωσης των εισροών γλυκού νερού, ενώ είναι χαρακτηριστική η χαμηλή τιμή της αγωγιμότητας κατά την μέτρηση του Ιουνίου, γεγονός που θα μπορούσε να αποδοθεί στις σημαντικές εισροές υπόγειου νερού από το καρστικό δίκτυο της περιοχής, στη συγκεκριμένη περίοδο, αφού η μεταφορά και εκφόρτιση του υπόγειου νερού, λόγω και του λιώσιμου του χιονιού, παρουσιάζει μια χρονική υστέρηση (2-3 μηνών στην εν λόγω περιοχή) σε σχέση με την περίοδο των υψηλών βροχοπτώσεων (Εικόνα 59). Οι τιμές της αγωγιμότητας κατά την περίοδο μελέτης κυμαίνονται από 8.600 έως 14.490  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , με μέση τιμή 12.269,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Οι υψηλότερες τιμές



παρατηρούνται στο νότιο και νοτιοανατολικό τμήμα της λίμνης και οι μικρότερες συνήθως στην περιοχή του θυροφράγματος.



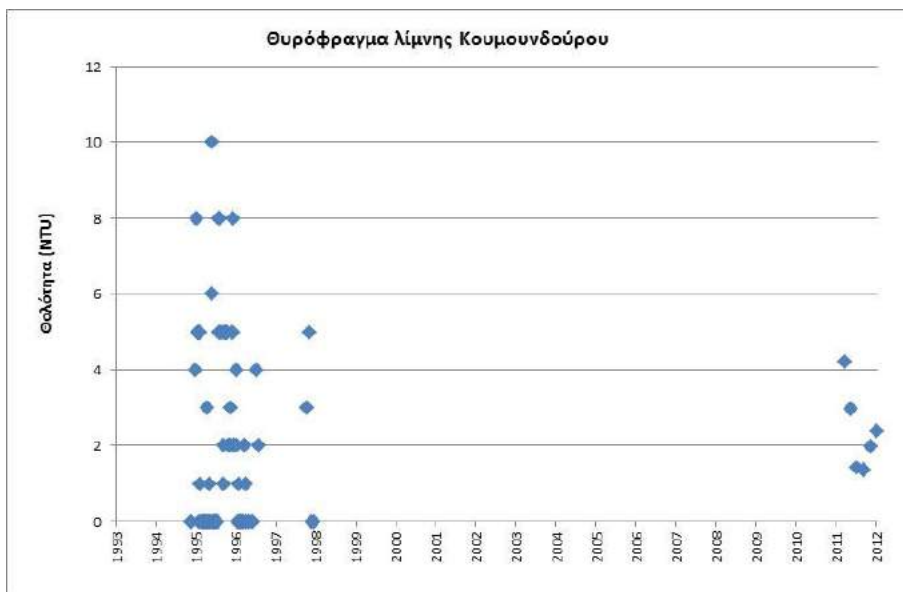
**Εικόνα 58:** Διαχρονική μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στην περιοχή του θυροφράγματος της Λίμνης Κουμουνδούρου (1984-2012).



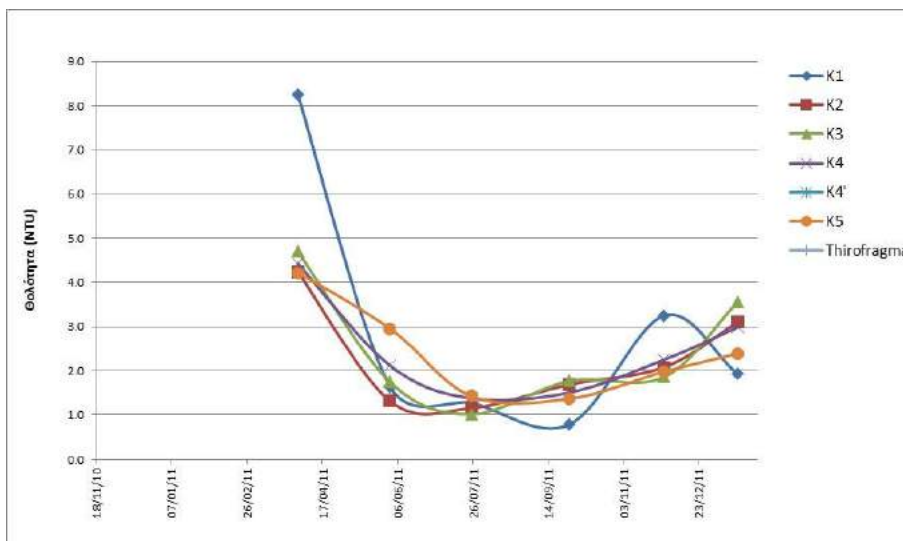
**Εικόνα 59:** Διακύμανση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στους σταθμούς δειγματοληψίας της Λίμνης Κουμουνδούρου (2010-12).

**- Θολότητα**

Αναφορικά με την θολότητα της λίμνης Κουμουνδούρου στη θέση του θυροφράγματος, συστηματικές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κατά το παρελθόν από το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (Μιμίδης, 1998). Από αυτές σε συνδυασμό με τις μετρήσεις της παρούσας μελέτης προκύπτει ότι η θολότητα κυμαίνεται από 0,0 έως 10,0 NTU με μέση τιμή 2,1 NTU (Εικόνα 60).



**Εικόνα 60:** Διαχρονική μεταβολή της θολότητας στην περιοχή του θυροφράγματος της Λίμνης Κουμουνδούρου (1984-2012).



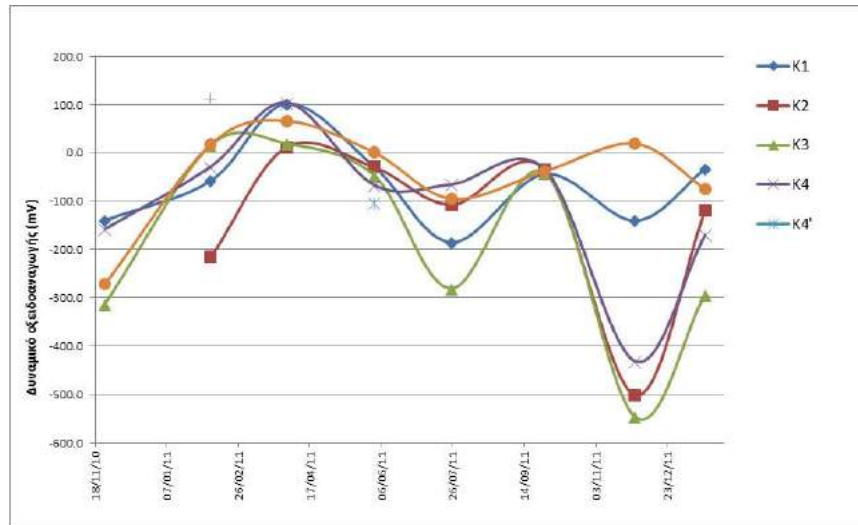
**Εικόνα 61:** Διακύμανση της θολότητας στους σταθμούς δειγματοληψίας της Λίμνης Κουμουνδούρου (2010-12).

Με βάση τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια του παρόντος προγράμματος, η θολότητα κυμαίνεται από 0,8 έως 8,2 NTU, με μέση τιμή 2,5 NTU (Εικόνα 61). Οι χαμηλές τιμές της θολότητας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες θα μπορούσε να αποδοθούν στην μείωση της έντασης των ανέμων κατά την συγκεκριμένη περίοδο καθώς και στην πολύ πυκνή βλάστηση που αναπτύσσεται τότε, η οποία δυσχεραίνει την επαναιώρηση των ιζημάτων του πυθμένα της λίμνης.

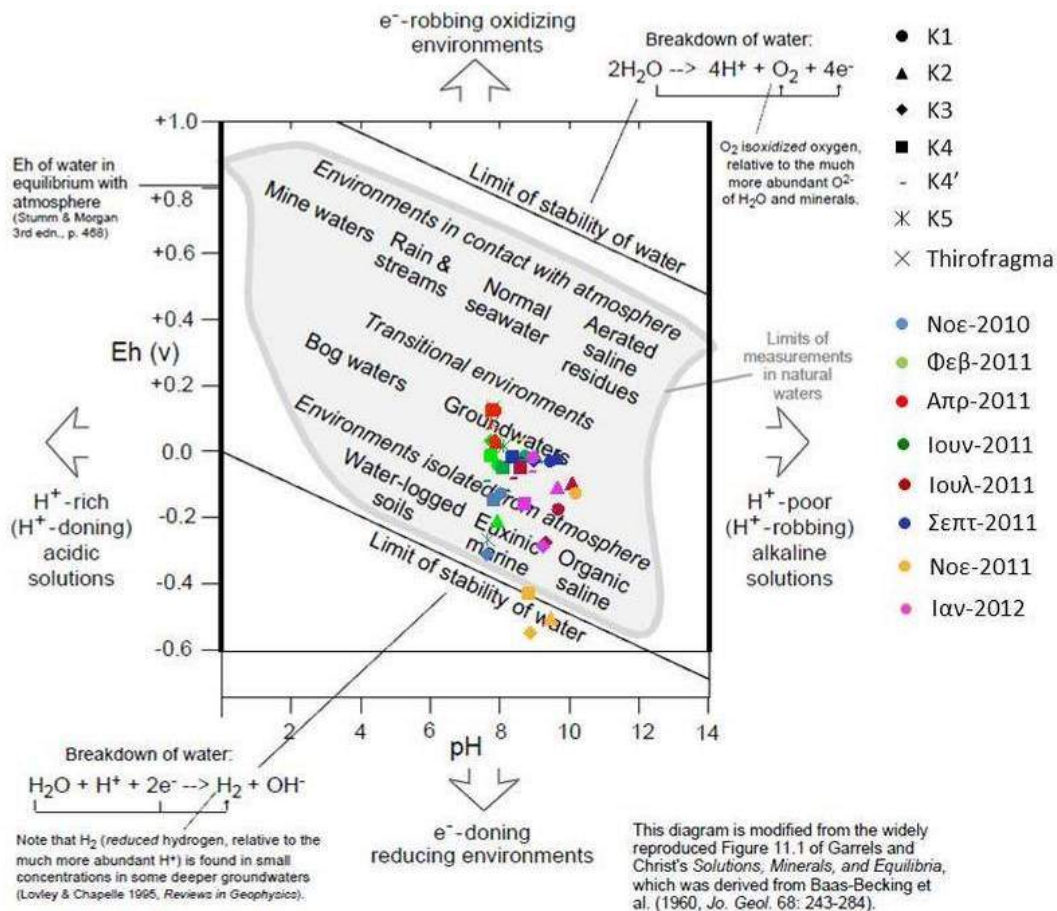
#### - Δυναμικό οξειδοαναγωγής

Στο διάγραμμα της Εικόνα 62 σημειώνεται η μεταβολή των μετρήσεων του δυναμικού οξειδοαναγωγής στο δίκτυο παρακολούθησης της λίμνης Κουμουνδούρου στις διάφορες ημερομηνίες δειγματοληψίας. Από αυτό το διάγραμμα προκύπτει μία αύξηση της τιμής των δυναμικού οξειδοαναγωγής κατά τους ανοιξιάτικους μήνες, η οποία συνδέεται άμεσα με την αντίστοιχη αύξηση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου. Ωστόσο, κατά την δειγματοληψία του Ιουλίου, όπου η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου ήταν η μεγαλύτερη, το δυναμικό οξειδοαναγωγής εμφανίζεται ελαφρά μειωμένο, κάτι που αποδίδεται στην αύξηση της θερμοκρασίας και τις βιογεωχημικές διεργασίες που αυτές συνεπάγονται. Στη συνέχεια έχουμε σταδιακή μείωση του δυναμικού οξειδοαναγωγής σε όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας, με εξαίρεση την δειγματοληψία του Σεπτεμβρίου, όπου εμφανίζεται μικρή αύξηση λόγω της σταδιακής αύξησης του διαλυμένου οξυγόνου. Οι τιμές του κυμαίνονται από -546,4 έως 114,0 mV, με μέση τιμή -103,3 mV, ενώ κατά το μεγαλύτερο διάστημα του έτους οι συνθήκες στη λίμνη φαίνεται να είναι αναγωγικές, ιδιαίτερα στο νοτιοδυτικό τμήμα της.

Από το διάγραμμα pH - Δυναμικού Οξειδοαναγωγής προκύπτει ότι το νερό της λίμνης κατά τους χειμερινούς μήνες (Νοέμβριος - Φεβρουάριος 2010 και Νοέμβριος 2011, Ιανουάριος 2012) έχει χαρακτηριστικά αναερόβιων συνθηκών, ενώ κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (Απρίλιος - Σεπτέμβριος 2011) τα δείγματα έχουν χαρακτηριστικά μεταβατικών συστημάτων από υπόγεια νερά σε θαλασσινό νερό (Εικόνα 63).



**Εικόνα 62:** Διακύμανση του δυναμικού οξειδοαναγωγής στους σταθμούς δειγματοληψίας της Λίμνης Κουμουνδούρου (2010-12).



**Εικόνα 63:** Διάγραμμα pH - Eh (Pourbaix) των μετρήσεων κατά τις τρεις δειγματοληψίες στην Λίμνη Κουμουνδούρου.

### 5.2.3. Χημικές αναλύσεις

Στους πίνακες που ακολουθούν δίνονται τα στατιστικά στοιχεία των παρελθουσών και σύγχρονων χημικών αναλύσεων για τα θρεπτικά άλατα στην περιοχή του θυροφράγματος (χρησιμοποιούνται για ανάλυση των διαχρονικών τάσεων, Πίνακας 31) αλλά και των σύγχρονων αντίστοιχων μετρήσεων στο δίκτυο των πέντε σημείων δειγματοληψίας στη Λίμνη Κουμουνδούρου, στα πλαίσια του παρόντος προγράμματος (Πίνακας 32 Πίνακας 34).

**Πίνακας 31:** Στατιστικά στοιχεία παρελθουσών και σύγχρονων (1984-2012) χημικών αναλύσεων στην περιοχή του θυροφράγματος της λίμνης Κουμουνδούρου.

Παράμετρος	Μονάδες	Αριθμός μετρήσεων	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
NO <sub>3</sub>	mg/l	107	0.221	9.133	4.062	2.243
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	106	0.003	0.256	0.037	0.040
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	104	0.000	5.395	0.347	0.641
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	104	0.000	0.898	0.119	0.156
SiO <sub>4</sub> <sup>4-</sup>	mg/l	30	0.444	19.673	5.692	5.232

**Πίνακας 32:** Στατιστικά στοιχεία των χημικών αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν στην λίμνη Κουμουνδούρου στα πλαίσια της παρούσας μελέτης.

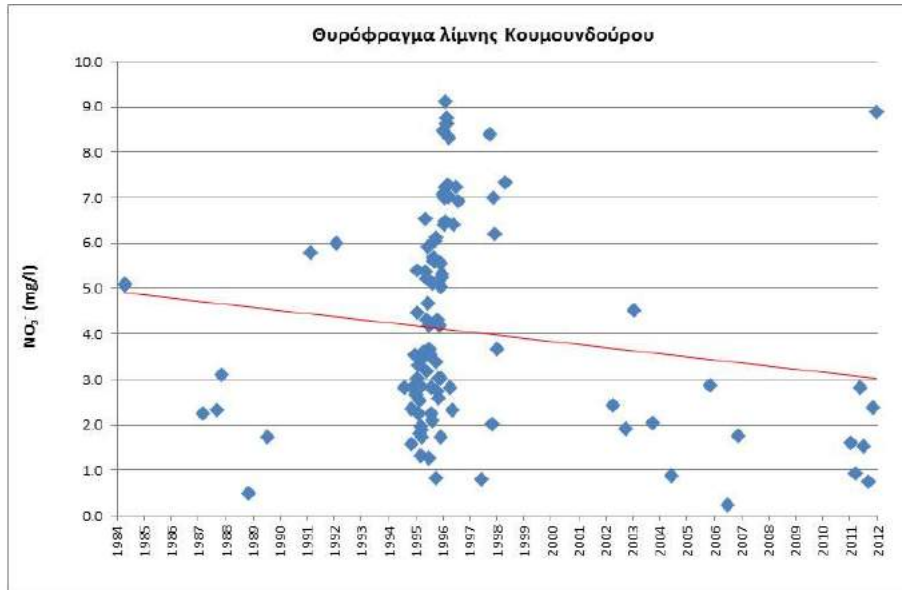
Παράμετρος	Μονάδες	Αριθμός μετρήσεων	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
NO <sub>3</sub>	mg/l	35	0.009	9.821	2.002	2.586
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	35	0.001	0.256	0.081	0.062
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	35	0.005	6.900	1.235	2.033
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	35	0.003	0.018	0.006	0.003
SiO <sub>4</sub> <sup>4-</sup>	mg/l	35	0.312	22.438	7.958	5.808

#### - Νιτρικά ιόντα (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

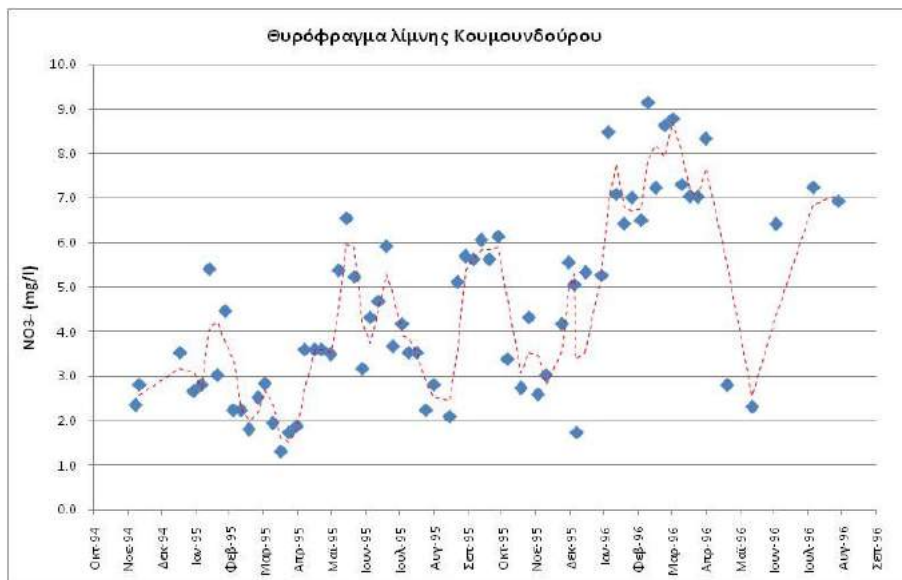
Με βάση τα συγκεντρωτικά στατιστικά στοιχεία (Πίνακας 31) και το διάγραμμα διαχρονικής διακύμανσης της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων (Εικόνα 64) προκύπτει ότι τα νιτρικά ιόντα στην λίμνη Κουμουνδούρου, στην περιοχή του θυροφράγματος, κυμαίνονται από 0,221 έως 9,133 mg/l, με μέση τιμή 4,062 mg/l. Διαχρονικά παρατηρείται μία σταδιακή μείωση της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το διάγραμμα της εποχιακής διακύμανσης της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων, όπως αυτή προέκυψε από τα δεδομένα της μελέτης του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών

(Μιμίδης, 1998). Από αυτό προκύπτει ότι κατά την υγρή και ξηρή περίοδο η συγκέντρωση των ιόντων αυξάνεται, ενώ κατά τις ενδιάμεσες περιόδους οι συγκεντρώσεις μειώνονται (Εικόνα 65).

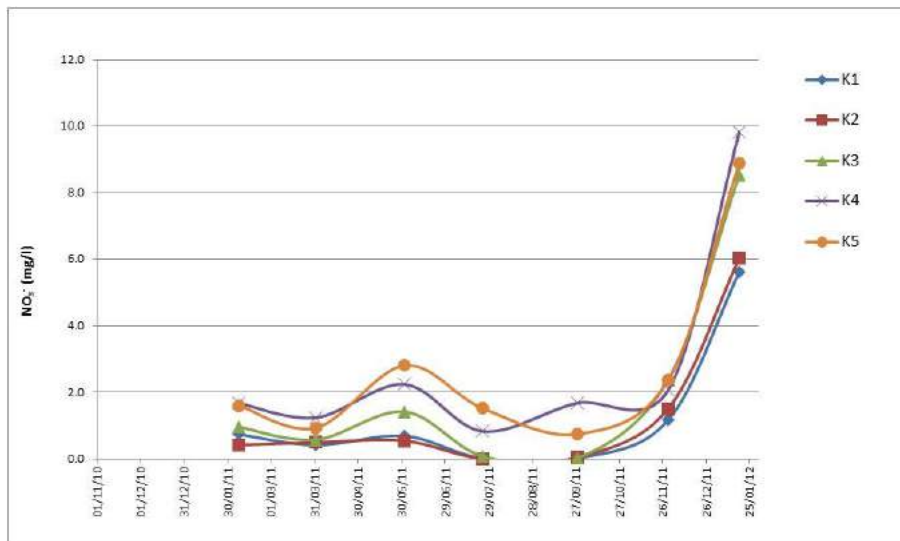


**Εικόνα 64:** Διακύμανση των νιτρικών ιόντων στην περιοχή του θυροφράγματος της Λίμνης Κουμουνδούρου (1984-2012).



**Εικόνα 65:** Εποχιακή διακύμανση των νιτρικών ιόντων στην περιοχή του θυροφράγματος της Λίμνης Κουμουνδούρου (1994-96).

Με βάση την Εικόνα 66, όπου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας αναφορικά με τις συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων, προκύπτει ότι οι κατά την δειγματοληψία του Απριλίου οι συγκεντρώσεις μειώνονται, τον Ιούλιο έχουμε απότομα μεγάλη αύξηση και στη συνέχεια σταδιακή πάλι μείωση, ενώ στις τελευταίες δύο δειγματοληψίες οι συγκεντρώσεις είναι υψηλές. Οι συγκεντρώσεις κυμαίνονται από 0,009 έως 9,821 mg/l, με μέση τιμή 2,002 mg/l. Οι υψηλότερες τιμές νιτρικών παρατηρούνται στο βόρειο τμήμα της λίμνης (στις θέσεις K4 και K5), πλησίον των καρστικών πηγών σε όλες τις δειγματοληψίες. Χαρακτηριστική είναι η μεγάλη αύξηση των συγκεντρώσεων των νιτρικών ιόντων τον Ιούνιο 2011, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί σε κάποιο ρυπαντικό γεγονός, καθώς στην αντίστοιχη δειγματοληψία ήταν πολύ μεγάλο και το μικροβιακό φορτίο (βλ. §5.6, πιθανότατα παράνομη διάθεση αστικών λυμάτων). Στη συνέχεια, οι συγκεντρώσεις μειώνονται αισθητά (δειγματοληψίες Ιουλίου - Σεπτεμβρίου). Αυτό μπορεί να αποδοθεί τόσο στην μεγάλη ανάπτυξη των φυτών και της άλγης που απορροφούν τα νιτρικά ιόντα από το νερό, όσο και σε φαινόμενα βακτηριακής απονιτρικοποίησης (αναγωγή των νιτρικών και των νιτρωδών ιόντων σε αέριο άζωτο), διαδικασία η οποία είναι ταχύτερη σε υψηλές θερμοκρασίες. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων στις τελευταίες δύο δειγματοληψίες (Νοέμβριος 2011 και Ιανουάριος 2012) μπορεί να αποδοθούν αφενός στις χαμηλές θερμοκρασίες της εποχής, οι οποίες εμποδίζουν τα φαινόμενα απονιτρικοποίησης και αφετέρου στην επίδραση από πιθανή απόρριψη αστικών λυμάτων καθώς και από τα περιττώματα των πτηνών που παρατηρούνται στη περιοχή.

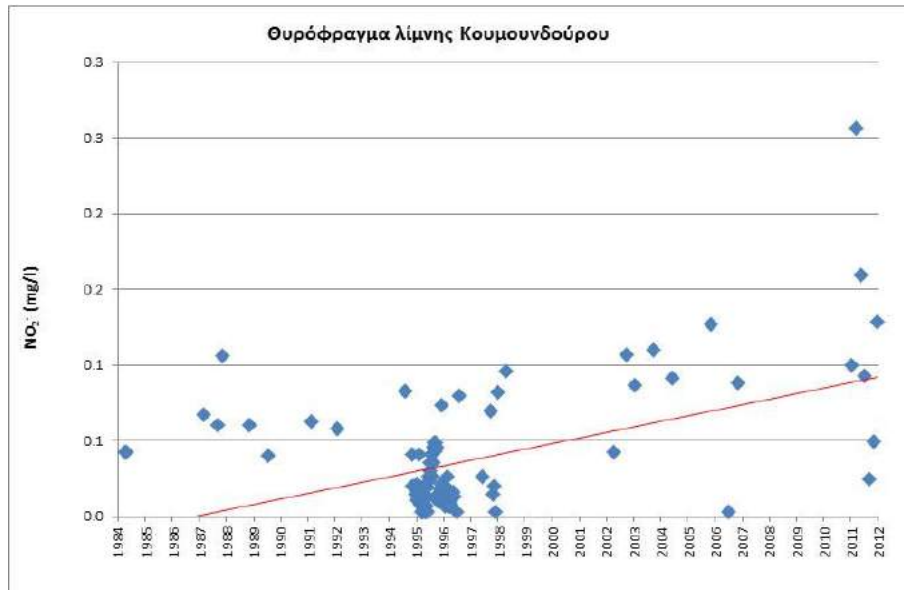


**Εικόνα 66:** Διακύμανση της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων στους σταθμούς δειγματοληψίας της Λίμνης Κουμουνδούρου (2010-12).

### - Νιτρώδη ιόντα ( $\text{NO}_2^-$ )

Από το διάγραμμα της διαχρονικής μεταβολής των νιτρωδών ιόντων στην περιοχή του θυροφράγματος προκύπτει ότι επικρατεί μία αυξητική τάση, με τις συγκεντρώσεις να κυμαίνονται από 0,003 έως 0,256 mg/l, με μέση τιμή 0,037 mg/l (Εικόνα 67). Σημειώνεται ότι κατά την δειγματοληψία του Απριλίου 2011 σημειώθηκε η υψηλότερη τιμή των νιτρωδών. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται σε οξείδωση της αμμωνίας λόγω της υψηλής διαθεσιμότητας της καθώς και του διαλυμένου οξυγόνου στη λίμνη.

Με βάση το διάγραμμα εποχιακής διακύμανσης των νιτρωδών ιόντων στην περιοχή του θυροφράγματος της Λίμνης Κουμουνδούρου (Εικόνα 68), η μεγαλύτερη συγκέντρωση των νιτρωδών ιόντων παρατηρείται κατά την ξηρή περίοδο.

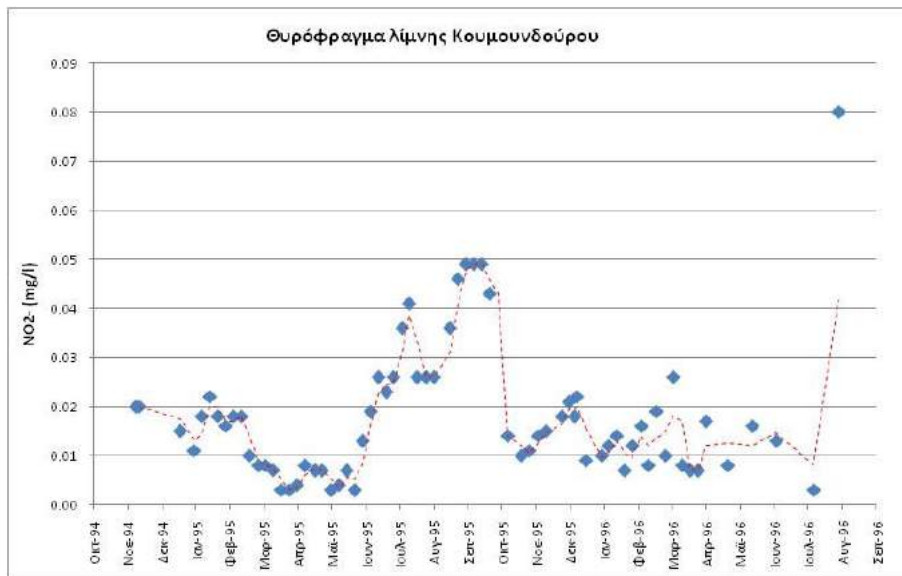


**Εικόνα 67:** Διακύμανση των νιτρωδών ιόντων στην περιοχή του θυροφράγματος της Λίμνης Κουμουνδούρου (1984-2012).

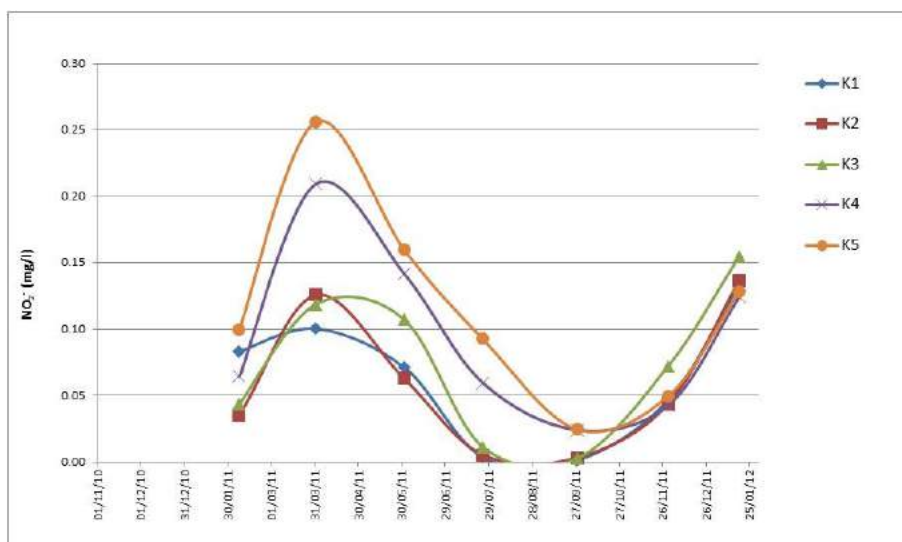
Οι μετρήσεις της παρούσας μελέτης υποδεικνύουν ότι οι συγκεντρώσεις των νιτρωδών ιόντων κυμαίνονται από 0,001 έως 0,256 mg/l, με μέση τιμή 0,081 mg/l. Οι συγκεντρώσεις για τα διάφορα σημεία δειγματοληψίας της λίμνης Κουμουνδούρου είναι μεγαλύτερες κατά περίοδο Απρίλιο - Ιούνιο, κατά τους υπόλοιπους καλοκαιρινούς μήνες (Ιούλιο - Σεπτέμβριο) οι τιμές είναι σημαντικά μικρότερες, ενώ στις δύο τελευταίες δειγματοληψίες (Νοέμβριος 2011 και Ιανουάριος 2012) οι τιμές ξανά αυξάνονται. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να αποδοθεί, όπως και στην περίπτωση των νιτρικών ιόντων, στην εποχική μεγάλη ανάπτυξη των φυτών και της άλγης που απορροφούν τα νιτρικά ιόντα



από το νερό και σε φαινόμενα βακτηριακής απονιτροποίησης (Εικόνα 69). Σημειώνεται ακόμα ότι οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σημειώθηκαν σε όλες τις ημερομηνίες δειγματοληψίας στο βόρειο τμήμα της λίμνης (σημεία δειγματοληψίας K4 και K5, πλησίον των καρστικών πηγών), με εξαίρεση τις τελευταίες δύο δειγματοληψίες, όπου οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν στο κεντρικό τμήμα της λίμνη (σημείο δειγματοληψίας K3), όπου φωλιάζει μεγάλος αριθμός πτηνών κατά την συγκεκριμένη περίοδο.



**Εικόνα 68:** Εποχιακή διακύμανση των νιτρωδών ιόντων στην περιοχή του θυροφράγματος της λίμνης Κουμουνδούρου (1994-96).



**Εικόνα 69:** Διακύμανση της συγκέντρωσης των νιτρωδών ιόντων στους σταθμούς δειγματοληψίας της Λίμνης Κουμουνδούρου (2010-12).

### - Ιόντα αμμωνίας ( $\text{NH}_4^+$ )

Διαχρονικά, η τιμή των συγκεντρώσεων των ιόντων αμμωνίας στην περιοχή του θυροφράγματος είναι σχετικά χαμηλή, εκτός από τις δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν στις 07/02/2011 και 01/04/2011 όπου σημειώθηκαν δεκαπλάσιες συγκεντρώσεις σε σχέση με το παρελθόν. Το εύρος τιμών για όλες τις διαθέσιμες μετρήσεις (έτη 1984 - 2012) είναι από 0 έως 5,935 mg/l, με μέση τιμή 0,347 mg/l (Εικόνα 70). Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις παρατηρούνται συνήθως κατά την ξηρή περίοδο (Εικόνα 71) όπου λαμβάνει χώρα εντονότερη αποσύνθεση της οργανικής ύλης και επομένως παραγωγή  $\text{NH}_4$ .

Από το διάγραμμα μεταβολής των συγκεντρώσεων ιόντων αμμωνίας στους σταθμούς δειγματοληψίας της λίμνης Κουμουνδούρου (Εικόνα 72), κατά τις μετρήσεις της παρούσας μελέτης, προκύπτει ότι οι τιμές τον χειμώνα είναι ιδιαίτερα υψηλές. Στη συνέχεια (μετά τον Απρίλιο) οι συγκεντρώσεις μειώνονται απότομα και φτάνουν στις συνήθεις χαμηλές τιμές. Οι συγκεντρώσεις των ιόντων αμμωνίας κατά την περίοδο υλοποίησης του παρόντος έργου κυμαίνονται από 0,005 έως 6,900 mg/l, με μέση τιμή 1,235 mg/l.

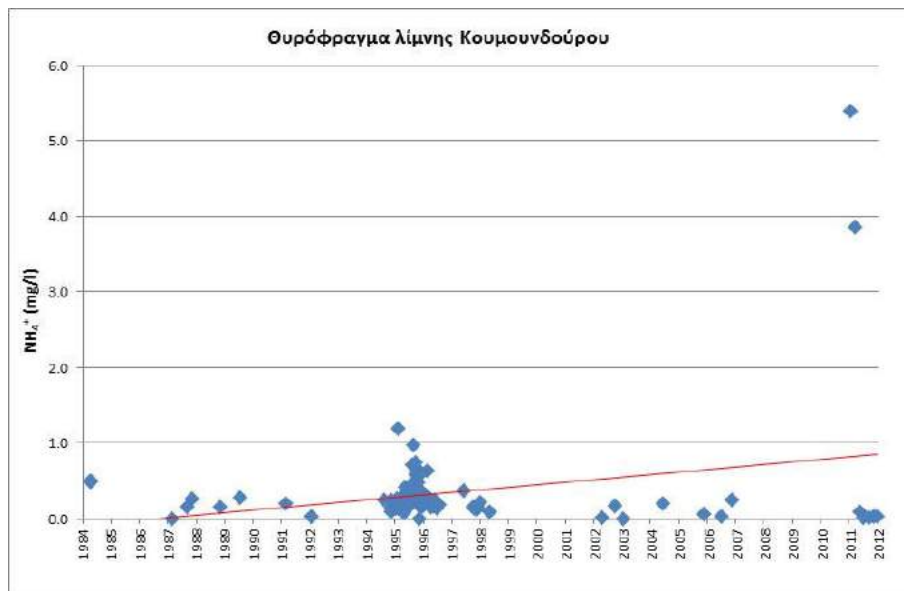
Οι πολύ υψηλές τιμές αμμωνίας κατά τους χειμερινούς μήνες ενδέχεται να οφείλονται σε ένα μεγάλο ποσοστό στα περιτώματα των πτηνών που φιλοξενούνται στην εν λόγω λίμνη, φαινόμενο που είναι σύνηθες σε παρόμοια υδάτινα συστήματα, διεθνώς. Ως εκ τούτου, το μικρό σχετικά μέγεθος της λίμνης, η συγκέντρωση μεγάλου αριθμού πτηνών (πάνω από 5000 άτομα ημερησίως κατά την συγκεκριμένη περίοδο, παράρτημα καταμέτρησης πτηνών) και οι υψηλές συγκεντρώσεις αζώτου που περιλαμβάνονται στα περιτώματα των πτηνών σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία (περίπου 1 kg N / ημέρα / τόννο βάρους πτηνών, World Health Organization, 1982) δημιουργούν συνθήκες αυξημένων συγκεντρώσεων αζώτου, σε εποχική βάση. Άλλες πιθανές πηγές αμμωνίας είναι η αποσύνθεση της νεκρής οργανικής ύλης (που όμως ευνοείται κατά την θερινή περίοδο) και η εισροή ρυπαντικών φορτίων (αστικά λύματα) επιφανειακά ή υπόγεια. Στην συγκεκριμένη όμως περίπτωση, οι συγκεντρώσεις αμμωνίας πλησίον των πηγών ήταν μικρότερες από ότι στις υπόλοιπες θέσεις (η μεγαλύτερη συγκέντρωση  $\text{NH}_4$  παρατηρήθηκε στη θέση K1) ενώ και τα μικροβιακά φορτία δεν ήταν ιδιαίτερος αυξημένα όπως αυτά που παρουσιάστηκαν στο ρυπαντικό γεγονός του Ιουνίου που προαναφέρθηκε. Η βροχόπτωση σε βιομηχανικές περιοχές είναι επίσης ένας παράγοντας που επιβαρύνει την ποιότητα των επιφανειακών υδάτων (κυρίως όμως υπό την μορφή  $\text{NO}_x$ ) αλλά στην

συγκεκριμένη περίπτωση δεν μπορεί από μόνος του να δικαιολογήσει την χρονικά απότομη αυξομείωση της αμμωνίας. Σύμφωνα με σχετικές έρευνες (Trebs κ.α., 2006), κατά μέσο όρο σε περιοχές της Ευρώπης και της Αμερικής όπου υπάρχουν βιομηχανικές και γεωργικές δραστηριότητες, η απόθεση ιόντων αζώτου στα ύδατα μέσω ξηρής και υγρής απόθεσης κυμαίνεται μεταξύ 30 και 70 kg / ha / έτος ενώ η αντίστοιχη παραγωγή αζώτου από τα πτηνά κυμαίνεται μεταξύ 0.4 και 0.9 kg / άτομο / έτος. Επομένως, βασιζόμενοι στα ανωτέρω μπορούμε προσεγγιστικά να υπολογίσουμε μια ενδεικτική επιβάρυνση στη λίμνη (ως προς το άζωτο συνολικά και όχι μόνο για την αμμωνία) από τους 2 ανωτέρω παράγοντες ως ακολούθως:

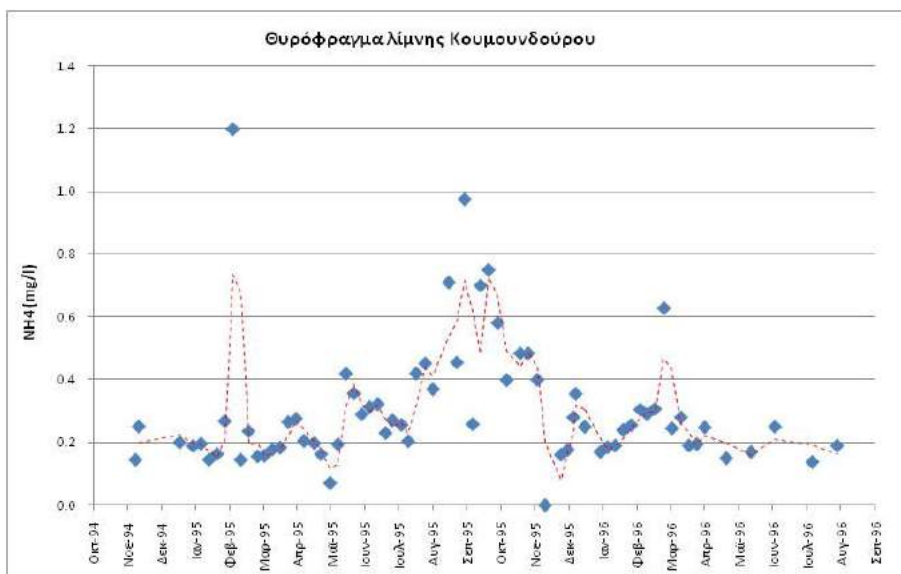
Ατμοσφαιρική επιβάρυνση:  $30 \text{ kg / ha / έτος} * 14,6 \text{ ha} = 438 \text{ kg N/ έτος}$  (ή  $1022 \text{ kg N/ έτος}$  αν δεχτούμε την μέγιστη επιβάρυνση –  $70 \text{ kg/ha/ έτος}$ )

Πτηνά:  $0.6 \text{ kg / άτομο / έτος} * 3000 \text{ άτομα} = 1800 \text{ kg N/ έτος}$

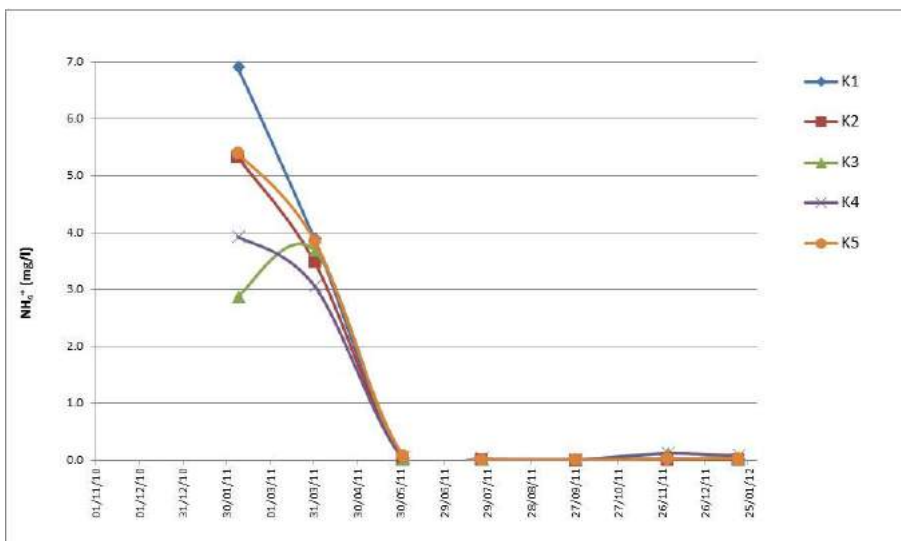
Κατά την δειγματοληψία του Ιανουαρίου 2012 δεν επαναλαμβάνονται οι υψηλές τιμές αμμωνίας του Ιανουαρίου 2011, αλλά εμφανίζονται πολύ υψηλές τιμές στα νιτρικά ιόντα, κάτι που μπορεί να οφείλεται εν μέρει στις χαμηλές θερμοκρασίες που παρατηρήθηκαν το 2012 και δεν ευνοούσαν την διαδικασία της απονιτροποίησης καθώς και στην οξείδωση της αμμωνίας που δεν μπόρεσε να απορροφηθεί από την χλωρίδα της λίμνης.



**Εικόνα 70:** Διακύμανση των ιόντων αμμωνίας στην περιοχή του θυροφράγματος της Λίμνης Κουμουνδούρου (1984-2011).



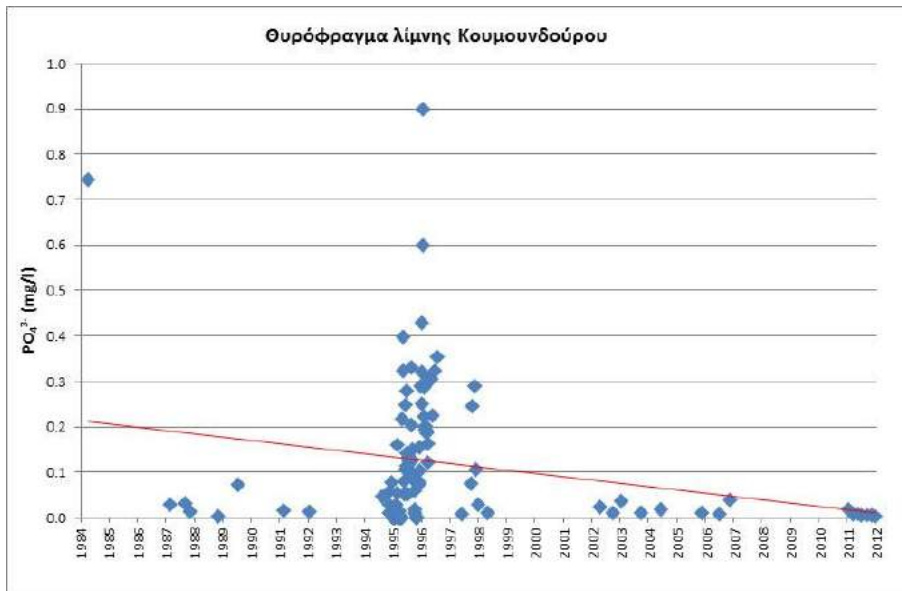
**Εικόνα 71:** Εποχιακή διακύμανση των ιόντων αμμωνίας στην περιοχή του θυροφράγματος της Λίμνης Κουμουνδούρου (1994-96).



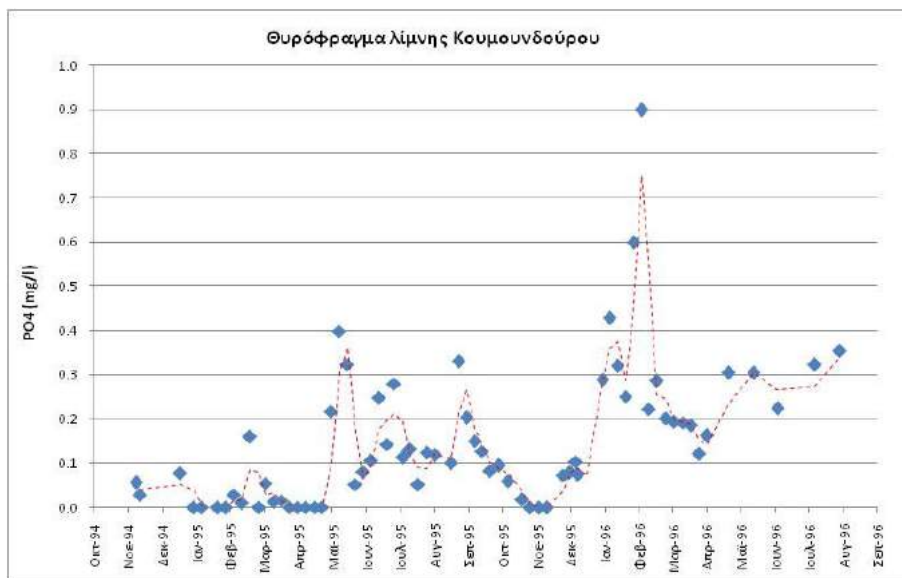
**Εικόνα 72:** Διακύμανση της συγκέντρωσης των ιόντων αμμωνίας στους σταθμούς δειγματοληψίας της Λίμνης Κουμουνδούρου (2010-11).

- Φωσφορικά ιόντα ( $PO_4^{3-}$ )

Από το διάγραμμα της διαχρονικής μεταβολής των συγκεντρώσεων των φωσφορικών ιόντων στην περιοχή του θυροφράγματος (Εικόνα 73), προκύπτει ότι γενικά επικρατεί μία ελαφρά πτωτική τάση. Οι τιμές κυμαίνονται από 0,000 έως 0,898 mg/l, με μέση τιμή 0,119 mg/l.



**Εικόνα 73:** Διακύμανση των φωσφορικών ιόντων στην περιοχή του θυροφράγματος της Λίμνης Κουμουνδούρου (1984-2012).

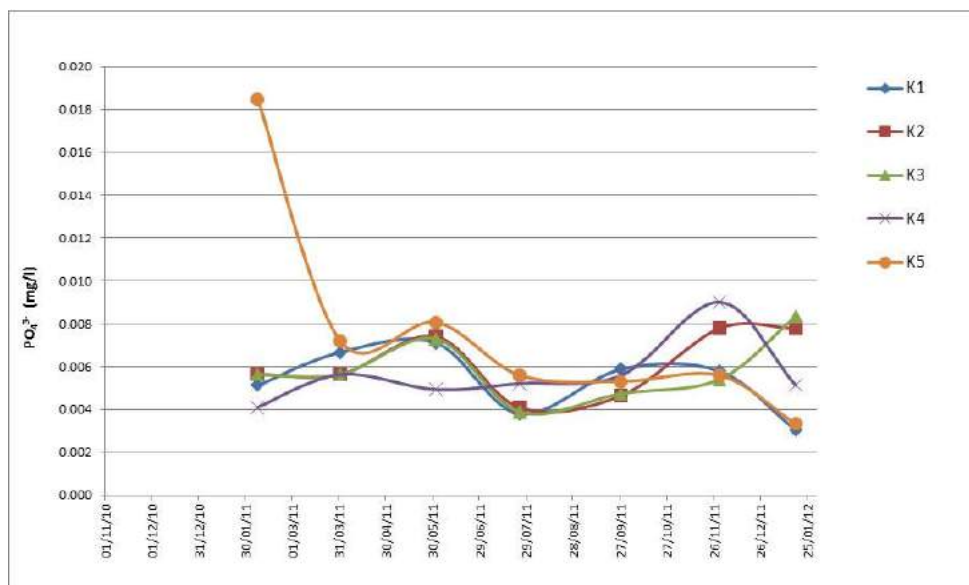


**Εικόνα 74:** Εποχιακή διακύμανση των φωσφορικών ιόντων στην περιοχή του θυροφράγματος της Λίμνης Κουμουνδούρου (1994-96).

Παρατηρώντας την εποχιακή διακύμανση των συγκεντρώσεων του ιόντων φωσφόρου (Εικόνα 74) προκύπτει ότι δεν υπάρχει κάποιο μοτίβο, γεγονός που σημαίνει ότι οι συγκεντρώσεις των φωσφορικών ιόντων εξαρτώνται κυρίως από εξωγενείς παράγοντες και λιγότερο από βιογεωχημικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα εντός της λίμνης.

Από το διάγραμμα διακύμανσης των τιμών των φωσφορικών της παρούσας μελέτης στη λίμνη Κουμουνδούρου προκύπτει ότι οι συγκεντρώσεις εμφανίζουν μία αύξηση κατά την άνοιξη (Απρίλιος - Ιούνιος), ενώ εμφανίζουν μία μείωση τον Ιούλιο για να ακολουθήσει μία μικρή αύξηση τον Σεπτέμβριο - Νοέμβριο. Τον Ιανουάριο εμφανίζεται πάλι μια πτωτική τάση (Εικόνα 75). Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στην μεγάλη ανάπτυξη των φυτών και της άλγης που απορροφούν τα φωσφορικά ιόντα από το νερό κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Η θέση K5 (πλησίον του θυροφράγματος) παρουσιάζει γενικά τις μεγαλύτερες τιμές στις περισσότερες δειγματοληψίες με μέγιστη τιμή τον Φεβρουάριο του 2011. Χαρακτηριστικό είναι ακόμα το γεγονός ότι στον σταθμό δειγματοληψίας K4 στην περιοχή των καταγεγραμμένων μέχρι σήμερα πηγών, η συγκέντρωση των ιόντων φωσφόρου παραμένει πρακτικά σταθερή.

Οι συγκεντρώσεις των ιόντων φωσφόρου στην λίμνη Κουμουνδούρου κυμαίνονται από 0,004 έως 0,018 mg/l, με μέση τιμή 0,006 mg/l.

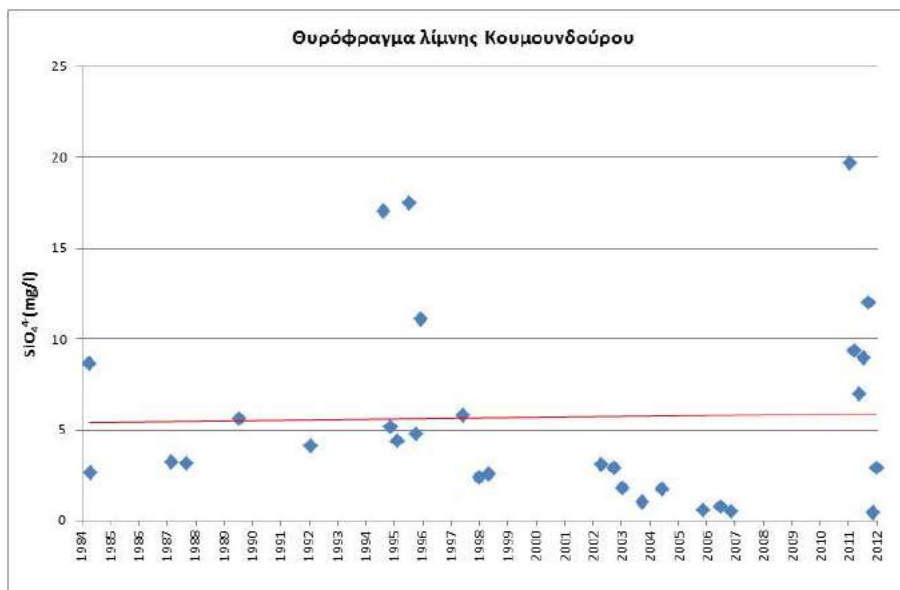


**Εικόνα 75:** Διακύμανση της συγκέντρωσης των φωσφορικών ιόντων στους σταθμούς δειγματοληψίας της Λίμνης Κουμουνδούρου (2010-12).

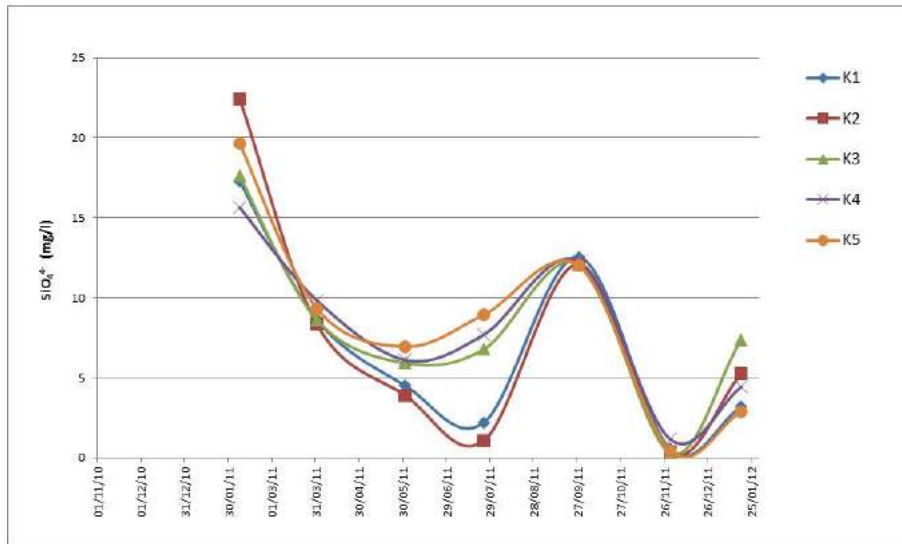
### - Πυριτικά ιόντα ( $\text{SiO}_4^{4-}$ )

Η διαχρονική μεταβολή των συγκεντρώσεων πυριτικών ιόντων, στην περιοχή του θυροφράγματος, παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις και κυμαίνονται από 0,444 έως 19,673 mg/l, με μέση τιμή 5,692 mg/l (Εικόνα 76).

Από το διάγραμμα μεταβολής των πυριτικών ιόντων στους σταθμούς δειγματοληψίας στην λίμνη Κουμουνδούρου προκύπτει ότι οι τιμές των συγκεντρώσεων σταδιακά μειώνονται, με εξαίρεση τη δειγματοληψία του Σεπτεμβρίου όπου έχουμε αυξημένες συγκεντρώσεις (Εικόνα 77). Το πυρίτιο στα περισσότερα φυσικά συστήματα είναι γεωγενούς προέλευσης και χρησιμοποιείται κυρίως από διάφορους οργανισμούς προκειμένου να κατασκευάσουν τα κελύφη τους, ενώ μετά τον θάνατό τους αποσυντίθενται και το πυρίτιο επιστρέφει σταδιακά στο νερό. Έτσι, στη λίμνη Κουμουνδούρου, που παρατηρήθηκαν μεγάλες ποσότητες νεκρού οργανικού υλικού και μεγάλος αριθμός κελυφών σε διάλυση στον πυθμένα της, οι συγκεντρώσεις πυριτίου εμφανίζονται σχετικά αυξημένες. Η σταδιακή μείωση της συγκέντρωσης του πυριτίου κατά την εαρινή και θερινή περίοδο οφείλεται στην βιολογική δέσμευσή του από τους οργανισμούς της λίμνης, οι οποίοι κατά την ίδια περίοδο εμφανίζονται σε αυξημένες συγκεντρώσεις.



**Εικόνα 76:** Διακύμανση των πυριτικών ιόντων στην περιοχή του θυροφράγματος της Λίμνης Κουμουνδούρου (1984-2012).

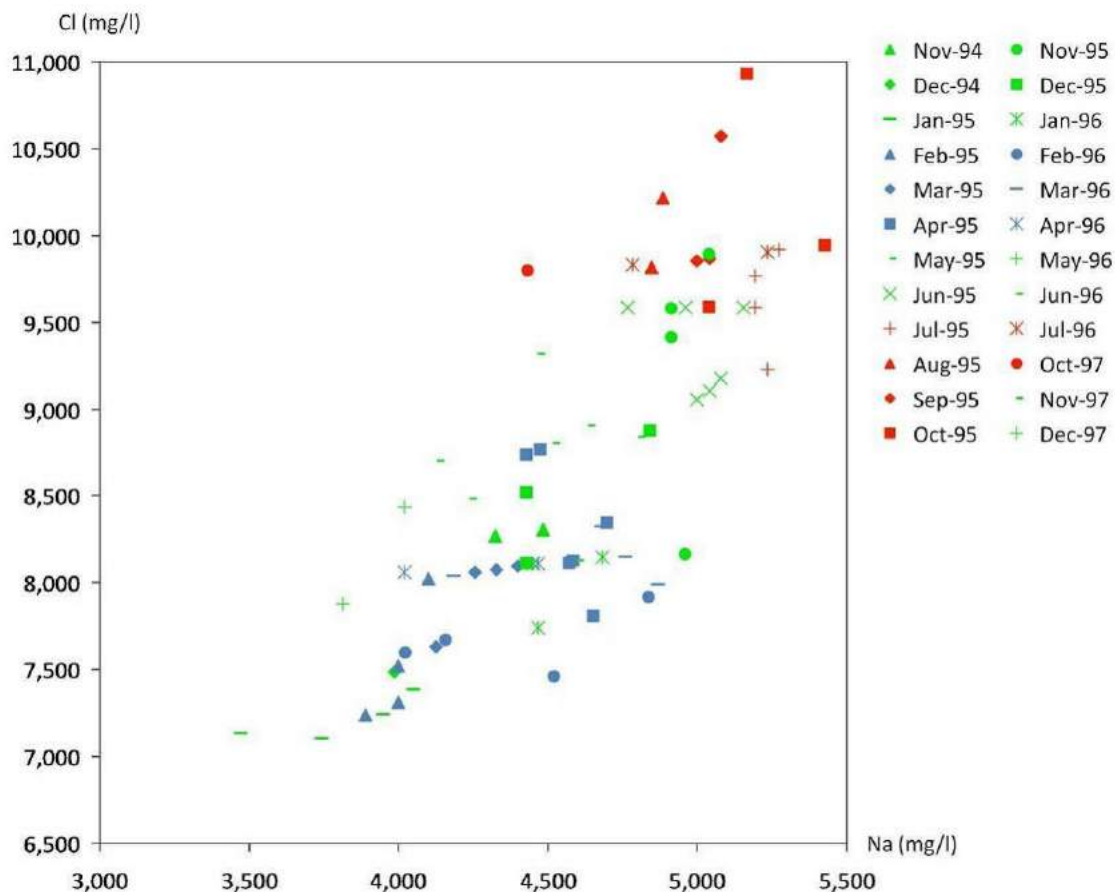


**Εικόνα 77:** Διακύμανση της συγκέντρωσης των πυριτικών ιόντων στους σταθμούς δειγματοληψίας της Λίμνης Κουμουνδούρου (2010-12).

#### 5.2.4. Χημική ταξινόμηση του νερού της λίμνης

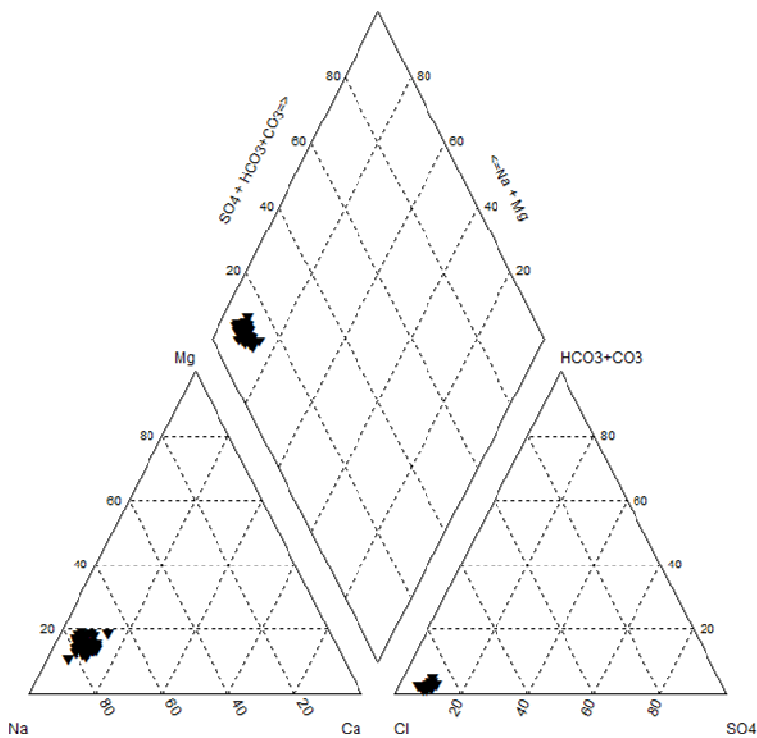
Στην Εικόνα 78 παρατίθεται το διάγραμμα  $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$  του συνόλου των μετρήσεων που έχουν πραγματοποιηθεί από το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (Μιμίδης 1998) στο σημείο εξόδου της λίμνης Κουμουνδούρου (θυρόφραγμα). Παρατηρείται ότι γενικά οι τιμές  $\text{Na}^+$  και  $\text{Cl}^-$  είναι μεγάλες, γεγονός που επιβεβαιώνει τον υφάλμυρο χαρακτήρα της λίμνης. Παράλληλα, οι μεγαλύτερες τιμές παρατηρούνται την ξηρή περίοδο (Αύγουστος - Οκτώβριος) και οι μικρότερες κατά την υγρή (Φεβρουάριος - Απρίλιος) λόγω των εισροών γλυκού νερού από την βροχή και τις υπολίμνιες πηγές.



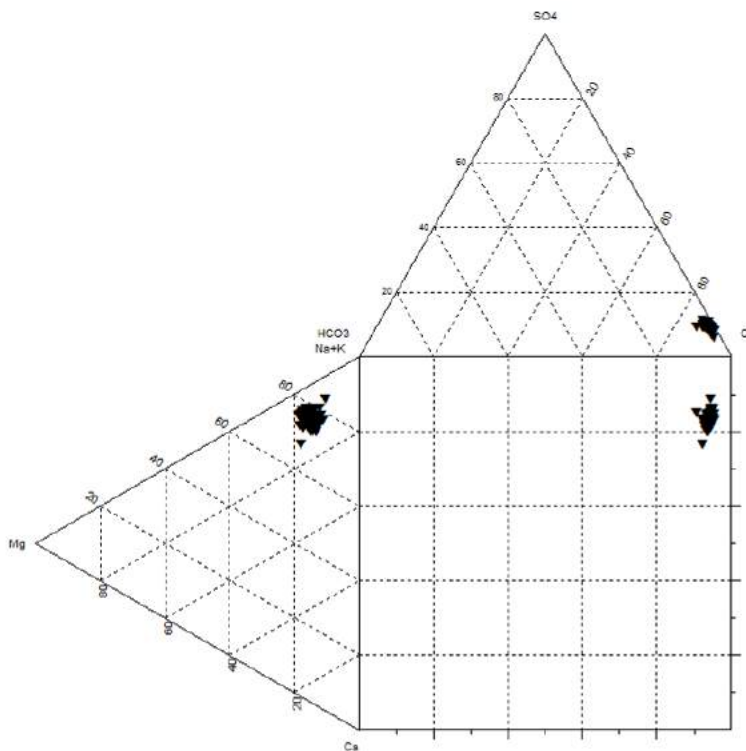


**Εικόνα 78:** Διάγραμμα  $\text{Na}^+$  -  $\text{Cl}^-$ . Με μπλε σημειώνονται οι μήνες της υγρής περιόδου (Φεβρουάριος - Απρίλιος), με κόκκινο οι μήνες της ξηρής περιόδου (Αύγουστος - Οκτώβριος) και με πράσινο οι ενδιάμεσοι μήνες.

Από την απεικόνιση των χημικών αναλύσεων του συνόλου των μετρήσεων που έχουν πραγματοποιηθεί από το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (Μιμίδης 1998) σε διαγράμματα Piper (Εικόνα 79) και Durog (Εικόνα 80), προκύπτει ότι όλες οι μετρήσεις ανήκουν στο πεδίο επικράτησης  $\text{Na}^+$  -  $\text{Cl}^-$ , γεγονός που επιβεβαιώνει την κυρίαρχη επίδραση των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων και της θάλασσας έναντι των πετρωμάτων. Από το διάγραμμα Durog (Εικόνα 80) προκύπτει ότι το σύνολο των δειγμάτων μπορούν να χαρακτηριστούν ως νατριο- χλωριούχα.



Εικόνα 79: Τριγραμμικό διάγραμμα ταξινόμησης του νερού κατά Piper.



Εικόνα 80: Διάγραμμα ταξινόμησης του νερού κατά Durov.

### 5.3. Ραδόνιο

#### 5.3.1. Εισαγωγή

Το ραδόνιο είναι ένα ραδιενεργό ευγενές αέριο, και συνεπώς είναι άχρωμο, άοσμο και σχεδόν αδρανές. Το πιο σταθερό του ισότοπο είναι το  $^{222}\text{Rn}$  έχει χρόνο ημιζωής 3,8 ημέρες. Συγκριτικά με τα υπόλοιπα ευγενή αέρια, τα ραδόνιο είναι το βαρύτερο και έχει το μεγαλύτερο σημείο τήξης, σημείο βρασμού, κρίσιμη θερμοκρασία και κρίσιμη πίεση. Λόγω της μέτριας διαλυτότητάς του, απορροφάται από το νερό που κινείται ανάμεσα σε γεωλογικούς σχηματισμούς που περιέχουν ραδόνιο, κατάλοιπο της ραδιενεργούς διάσπασης ισοτόπων της σειράς του ουρανίου. Η διαλυτότητά του εξαρτάται από την θερμοκρασία του νερού: όσο χαμηλότερη, τόσο μεγαλύτερη και η διαλυτότητά του. Ο συντελεστής διαλυτότητάς του στους 20°C είναι ~0,25 και συνεπώς εύκολα μεταφέρεται από την υγρή στην αέρια φάση. Για τον λόγο αυτό η συγκέντρωση του ραδονίου στα επιφανειακά νερά είναι μερικές τάξεις μεγέθους μικρότερη από αυτή των υπογείων. Το γεγονός αυτό το καθιστά σημαντικό εργαλείο προσδιορισμού αναβλύσεων υπόγειου νερού, καθώς στα επιφανειακά νερά η συγκέντρωση του ραδονίου γρήγορα μειώνεται λόγω μεταφοράς του στην αέρια φάση, αλλά και λόγω της ραδιενεργούς διάσπασής του. Συνεπώς μεγάλες συγκεντρώσεις ραδονίου στα επιφανειακά νερά υποδηλώνουν πηγή υπόγειας τροφοδοσίας σε μικρή απόσταση από το σημείο δειγματοληψίας.

#### 5.3.2. Μεθοδολογία

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του ραδονίου στα δείγματα της λίμνης Κουμουνδούρου συλλέχθηκαν δείγματα από το δίκτυο δειγματοληψιών σε γυάλινα μπουκάλια των 500 ml. Η ανάλυση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε εντός δύο ωρών από την στιγμή της δειγματοληψίας με τη χρήση του οργάνου της εταιρίας SARAD RTM1688.

#### 5.3.3. Αποτελέσματα

Στα πλαίσια τους παρόντος προγράμματος πραγματοποιήθηκαν τέσσερις μετρήσεις προσδιορισμού της συγκέντρωσης ραδονίου στις 30/11/2011 και στις 18/01/2012. Από το υπάρχον δίκτυο δειγματοληψίας επιλέχθηκαν τα σημεία για τα οποία υπήρχαν ενδείξεις για την παρουσία υπόγειων εισροών (K2, K4 και K5), ενώ λήφθηκε δείγμα και από την περιφραγμένη περιοχή των πηγών (θέση K4).

Με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων (Πίνακας 33), αυξημένες συγκεντρώσεις ραδονίου στην λίμνη εμφανίστηκαν μόνο στην περιοχή του θυροφράγματος (σημείο δειγματοληψίας Κ5) στις 30/11/2011, ενώ κατά την δειγματοληψία στις 18/11/2012 οι συγκεντρώσεις ραδονίου ήταν μηδενικές. Το γεγονός ότι στην περιφραγμένη περιοχή των πηγών δεν εντοπίστηκε ραδόνιο μπορεί να αποδοθεί στην ανομβρία που είχε προηγηθεί, γεγονός που είχε ως αποτέλεσμα την μείωση των υπόγειων αποθεμάτων νερού.

**Πίνακας 33:** Αποτελέσματα προσδιορισμού συγκεντρώσεων ραδονίου στην λίμνη Κουμουνδούρου

Ημερομηνία δειγματοληψίας	Σημείο δειγματοληψίας	Rn (Bq/m <sup>3</sup> )	Rn (Bq/L)
30/11/2011	K2	BDL*	BDL
	K4	BDL	BDL
	K4 (πηγές)	BDL	BDL
	K5	5.00	0.0050
18/11/2012	K2	BDL	BDL
	K4	BDL	BDL
	K4 (πηγές)	BDL	BDL
	K5	BDL	BDL

\*BDL: below detection limit

Τα ανωτέρω αποτελέσματα, σε συνδυασμό και με μετρήσεις άλλων παραμέτρων (πχ PO<sub>4</sub>, αγωγιμότητα, νιτρικά, κτλ) που εμφάνιζαν τις υψηλότερες τιμές τους στη θέση Κ5, υποδηλώνουν την πιθανή ύπαρξη υπολίμιου καρστικού αγωγού στην εν λόγω θέση κάτι που είναι αναμενόμενο σε ένα υδάτινο σύστημα όπως η λίμνη Κουμουνδούρου (συνήθως οι καρστικές εκροές είναι διάχυτες από πολλούς αγωγούς σε υπολίμιες ή υποθαλάσσιες πηγές). Επίσης, οι θέσεις των κύριων εισροών υπόγειου νερού στην λίμνη ενδέχεται να μεταβλήθησαν λόγω και της τεχνητής ανύψωσης της στάθμης το 1994 και έτσι να εισέρχεται πλέον το μεγαλύτερο ποσοστό των υπόγειων αναβλύσεων από την περιοχή του θυροφράγματος. Για την επιβεβαίωση αυτής της παρατήρησης, πρέπει να γίνουν περαιτέρω μετρήσεις στα πλαίσια του προγράμματος παρακολούθησης της ποιότητας νερού της λίμνης.

## 5.4. Βαρέα μέταλλα

### 5.4.1. Εισαγωγή

Τα βαρέα μέταλλα σε μικρές συγκεντρώσεις είναι φυσικά συστατικά των οικοσυστημάτων και πολλά από αυτά (Fe, Cu, Zn, Co, Mn, Cr, Mo, V, Se και Ni) είναι αποδεδειγμένα λιγότερο ή περισσότερο απαραίτητα για την ανάπτυξη των οργανισμών. Όταν ωστόσο η συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων είναι διαχρονικά μεγαλύτερη από την βιοδιαθεσιμότητά τους, τότε το περιβάλλον γίνεται τοξικό με σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Στα επιφανειακά νερά τα βαρέα μέταλλα βρίσκονται σε κolloειδή, σωματιδιακή ή διαλυτή φάση και η διαλυτότητά τους εξαρτάται από το pH του νερού, το είδος και την συγκέντρωση των στοιχείων τα οποία μπορούν να τα απορροφήσουν και τις οξειδοαναγωγικές συνθήκες του συστήματος (Connell et al., 1984). Πηγές των βαρέων μετάλλων στα υδατικά συστήματα μπορεί να είναι η ξηρή και υγρή ατμοσφαιρική εναπόθεση, οι εισροές ποτάμιων υδάτων, η διάθεση λυμάτων και η εναιώρηση των ήδη επιβαρυσμένων ιζημάτων του πυθμένα. Συνήθως, τα βαρέα μέταλλα παραμένουν στην υδάτινη φάση μόνο για μικρό χρονικό διάστημα και στη συνέχεια απορροφούνται από τα ιζήματα του πυθμένα (Schindler et al., 1980), τα οποία και αποτελούν τον τελικό αποδέκτη. Για τον λόγο αυτό τα ιζήματα αποτελούν ένα ιδιαίτερα σημαντικό περιβαλλοντικό δείκτη, σε αντίθεση με το νερό που έχει χημική συμπεριφορά με έντονη χρονική και γεωγραφική διακύμανση.

Τα υδρόβια φυτά είναι ιδιαίτερα σημαντικά για την οικολογία μίας λίμνης, καθώς εκτός από το ότι προσφέρουν τροφή και καταφύγιο και παράγουν οξυγόνο για τα ψάρια και τα υδρόβια ασπόνδυλα, παράλληλα, λόγω της επιλεκτικής απορρόφησης ορισμένων ιόντων από αυτά, αποτελούν συλλέκτες των βαρέων μετάλλων. Για το λόγο αυτό συχνά χρησιμοποιούνται για τον έμμεσο προσδιορισμό του βαθμού ρύπανσης των νερού και του ιζήματος και αποτελούν βιολογικούς δείκτες (biological monitors, Sawidis, 1995). Η απορρόφηση των βαρέων μετάλλων από τα φυτά πραγματοποιείται κυρίως από το ριζικό τους σύστημα, αν και η απορρόφηση από τα φύλλα μπορεί να είναι επίσης σημαντική. Τέλος, τα ψάρια αποτελούν τον τελικό αποδέκτη των βαρέων μετάλλων ενός λιμναίου οικοσυστήματος μέσα από το νερό, τα φυτά και τα ιζήματα, και για τον λόγο αυτό συχνά χρησιμοποιούνται και αυτά ως δείκτες του βαθμού ρύπανσης. Για αυτό το λόγο πραγματοποιήθηκαν

δειγματοληψίες και αναλύσεις φυτών και ψαριών της λίμνης Κουμουνδούρου για να διαπιστωθούν οι συγκεντρώσεις των μετάλλων που συσσωρεύονται στη μάζα τους.

#### 5.4.2. Μεθοδολογία

Για τον προσδιορισμό των μετάλλων στο ίζημα γίνεται πρώτα κοσκίνιση και λαμβάνεται το κλάσμα <math><63\mu\text{m}</math>. Σε ειδικά δοχεία χώνευσης από τεφλόν ζυγίζεται μία ποσότητα 0,2-0,5gr και αφού προστεθεί οξύ τοποθετούνται σε θερμομαντική πλάκα και θερμαίνονται. Την επόμενη μέρα φυγοκεντρούνται και παραλαμβάνονται σε πλαστικά δοχεία με κατάλληλη αραιώση με δις αποσταγμένο νερό. Ομοίως κατεργάζονται και τα ψάρια και τα φυτά. Τα υδατικά δείγματα διηθούνται με φίλτρα μεγέθους πόρων 0,45 $\mu\text{m}$ . Οι ηθμοί αφού ξηραθούν έως σταθερής μάζας τοποθετούνται σε ειδικά δοχεία Teflon και ακολουθεί θέρμανση παρουσία οξέος όπως περιγράφηκε και παραπάνω.

Λόγω της πολύ χαμηλής συγκέντρωσης των διαλυτών μετάλλων σε υδατικά δείγματα, ο προσδιορισμός της συγκέντρωσής τους έγινε με τη μέθοδο της προσυγκέντρωσης των διηθημένων δειγμάτων σε ρητίνη Chelex-100 και παραλαβή του προς μέτρηση μετάλλου με αραιό οξύ σε αναλογία όγκων αρχική προς τελική 500ml προς 10ml.

Σε όλα τα παραπάνω όξινα διαλύματα που προκύπτουν από τις διάφορες κατεργασίες των στερεών και υγρών δειγμάτων, γίνεται ο τελικός προσδιορισμός του περιεχόμενου μετάλλου με Φασματοσκοπία Ατομικής Απορρόφησης είτε με Φλόγα (FAAS) είτε με Φούρνο Γραφίτη (GFAAS) ανάλογα με τα αναμενόμενα επίπεδα. Για τον υδράργυρο χρησιμοποιήθηκε η Φασματοσκοπία Ατομικής Απορρόφησης Ψυχρών Ατμών (Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometry - CVAAS).

Ο προσδιορισμός του οργανικού άνθρακα στα ιζήματα έγινε με την οξειδωτική μέθοδο, κατά την οποία ο οργανικός άνθρακας οξειδώνεται με διχρωμικό κάλιο παρουσία πυκνού θεικού οξέος. Η ποσότητα διχρωμικού καλίου που καταναλώνεται προσδιορίζεται με οπισθογκομέτρηση της περίσσειάς του με διάλυμα δισθενούς σιδήρου.

Για τον προσδιορισμό των ανθρακικών στο ίζημα εφαρμόστηκε η μέθοδος που βασίζεται στη διαφορά μάζας κατά την απομάκρυνση του ανθρακικού ασβεστίου με τη μορφή CO<sub>2</sub>, ύστερα από προσθήκη πυκνού διαλύματος HCl στο δείγμα.

### 5.4.3. Βαρέα μέταλλα στο νερό

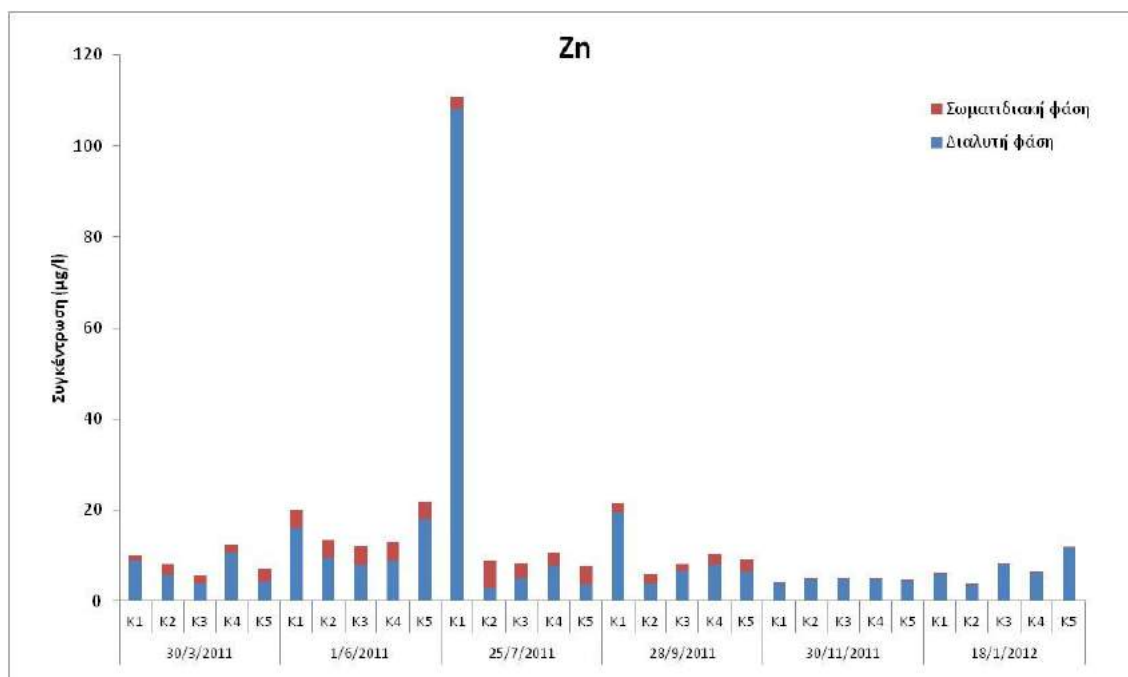
Με βάση τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων προέκυψε ότι εκτός κάποιων εξαιρέσεων οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων είναι σχετικά μικρές. Πιο συγκεκριμένα, οι αθροιστικές συγκεντρώσεις της διαλυτής και σωματιδιακής φάσης των Cd, Pb, Ni, Zn, Cu, Fe και Hg είναι μικρότερες από τις ανώτατες επιτρεπτές τιμές πόσιμου νερού που έχουν θεσμοθετηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Οδηγία 98/83/ΕΚ) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας της λίμνης (Πίνακας 34). Υψηλότερες τιμές από τα ανωτέρω όρια συναντώνται μόνο σε κάποιες περιπτώσεις στις αθροιστικές συγκεντρώσεις (διαλυτή και σωματιδιακή φάση) Mn και του Al, για τα οποία το προτεινόμενο όριο είναι 50 και 200 µg/l αντίστοιχα.

**Πίνακας 34:** Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στο νερό της Λίμνης Κουμουνδούρου

Ημερομηνία	Δείγμα	Cd (µg/l)		Pb (µg/l)		Ni (µg/l)		Zn (µg/l)		Cu (µg/l)		Al (µg/l)		Fe (µg/l)		Mn (µg/l)		Hg (µg/l)	
		Δ	Σ	Δ	Σ	Δ	Σ	Δ	Σ	Δ	Σ	Δ	Σ	Δ	Σ	Δ	Σ	Δ	Σ
30/3/2011	K1	0.013	0.027	0.119	0.435	2.402	0.774	8.691	1.235	0.765	0.182	60.19	30.29	<0.790	148.89	<b>30.85</b>	<b>51.50</b>	-	0.169
	K2	0.006	<0.0091	<0.032	0.384	1.869	0.821	5.598	2.544	0.535	0.144	37.20	40.80	2.37	159.90	<b>23.98</b>	<b>64.80</b>	-	0.170
	K3	0.006	<0.0091	0.065	0.359	2.545	0.829	3.806	1.818	0.524	0.175	37.25	30.59	2.47	147.06	<b>21.84</b>	<b>68.18</b>	-	0.219
	K4	0.008	0.028	0.058	0.339	1.718	0.516	10.388	2.103	0.848	0.158	46.67	36.97	2.02	113.58	<b>17.49</b>	<b>40.67</b>	-	0.204
	K5	0.007	0.027	0.040	0.405	2.323	0.835	4.337	2.792	2.359	0.206	107.33	46.93	1.34	134.14	<b>29.78</b>	<b>67.78</b>	-	0.214
1/6/2011	K1	0.017	0.027	0.218	<0.094	2.884	0.175	16.126	4.078	1.659	<0.106	52.23	9.90	<0.790	32.85	12.23	17.13	-	0.020
	K2	0.014	<0.0091	0.075	<0.094	2.563	0.164	9.509	3.962	0.423	<0.106	16.79	9.62	2.11	24.79	9.87	12.40	-	0.016
	K3	0.013	0.027	0.093	<0.094	2.709	0.102	7.919	4.158	1.533	0.181	61.41	10.10	1.32	23.52	6.43	14.38	-	0.062
	K4	0.009	0.027	0.127	0.308	2.789	0.280	8.821	4.078	1.266	0.396	102.33	8.74	1.26	46.08	7.28	29.71	-	0.175
	K5	0.014	0.026	0.232	<0.094	3.066	0.250	17.829	4.000	0.500	0.117	34.67	6.29	1.98	31.20	3.79	39.54	-	0.218
25/7/2011	K1	0.016	0.013	<b>2.739</b>	0.143	<b>15.038</b>	0.216	<b>108.192</b>	2.600	<b>41.880</b>	0.128	<b>2025.83</b>	<b>11.25</b>	<0.790	<0.002	2.76	18.63	-	0.003
	K2	0.007	0.038	0.293	0.212	2.821	0.109	2.914	5.994	0.350	<0.106	27.29	14.58	<0.790	<0.002	1.19	9.25	-	0.008
	K3	0.011	0.017	0.234	0.134	3.124	0.136	4.994	3.241	0.282	<0.106	19.63	24.11	<0.790	0.50	13.71	4.26	-	0.032
	K4	0.009	<0.0091	<b>3.493</b>	0.115	4.453	0.149	7.674	2.909	0.384	<0.106	15.28	27.74	<0.790	3.06	26.61	2.55	-	0.292
	K5	0.006	0.113	0.248	0.113	4.376	0.143	3.542	4.171	0.293	<0.106	10.00	37.50	<0.790	1.50	30.38	3.06	-	0.408
28/9/2011	K1	0.009	0.014	1.110	0.094	4.036	<0.078	19.289	2.230	3.223	<0.106	<b>527.50</b>	<b>57.78</b>	<0.790	<0.002	1.76	1.33	-	0.016
	K2	0.006	<0.0091	0.301	<0.094	2.803	0.119	3.685	2.198	0.694	<0.106	62.85	60.75	<0.790	1.88	2.19	1.80	-	0.093
	K3	0.005	<0.0091	0.257	<0.094	3.490	0.172	6.650	1.348	0.746	<0.106	58.45	62.02	<0.790	4.18	3.54	1.69	-	0.100
	K4	0.007	<0.0091	0.338	0.118	4.135	0.086	7.952	2.304	0.321	<0.106	16.16	79.26	<0.790	11.56	14.82	2.22	-	0.596
	K5	0.007	<0.0091	0.746	0.141	4.167	0.181	6.365	2.793	0.243	0.244	9.07	167.41	<0.790	78.89	10.38	3.11	-	0.283
30/11/2011	K1	0.011	<0.0091	<0.032	0.201	1.980	0.441	3.928	0.003	0.739	0.119	3.72	0.01	<0.790	<0.002	<0.99	23.02	-	0.174
	K2	0.015	<0.0091	0.064	<0.094	2.365	0.093	4.724	<0.001	0.258	<0.106	6.74	<0.003	2.40	0.00	<0.99	2.31	-	0.170
	K3	0.009	<0.0091	0.048	<0.094	1.907	0.105	4.697	<0.001	0.195	<0.106	1.38	<0.003	<0.790	<0.002	1.72	1.02	-	0.140
	K4	0.006	<0.0091	0.058	<0.094	2.399	0.081	4.761	<0.001	0.230	<0.106	51.49	<0.003	1.26	<0.002	6.07	1.30	-	0.267
	K5	0.018	<0.0091	0.076	<0.094	1.815	0.098	4.529	<0.001	0.178	<0.106	<0.99	0.01	<0.790	<0.002	2.80	1.59	-	0.223
18/1/2012	K1	0.056	<0.0091	0.038	<0.094	2.044	<0.078	5.942	0.001	0.372	<0.106	1.35	<0.003	<0.790	0.00	1.15	1.48	-	0.329
	K2	0.004	<0.0091	<0.032	<0.094	2.063	0.099	3.569	<0.001	0.193	<0.106	3.57	<0.003	<0.790	0.00	1.21	2.76	-	0.363
	K3	0.008	<0.0091	<0.032	<0.094	2.034	<0.078	8.080	<0.001	0.201	0.112	5.65	<0.003	<0.790	<0.002	4.12	0.80	-	0.568
	K4	0.007	<0.0091	0.094	<0.094	2.215	<0.078	6.049	<0.001	0.188	<0.106	1.41	<0.003	<0.790	<0.002	9.06	1.22	-	0.952
	K5	0.046	<0.0091	0.070	<0.094	2.636	<0.078	11.741	<0.001	0.404	<0.106	7.03	<0.003	0.88	<0.002	2.11	1.05	-	0.710
Όριο 98/83/ΕΚ		5.0		10.0		20.0		-		2000.0		200.0		200.0		50.0		1.0	
ΑΥΕ	ΑΥΕ	0.012	0.018	0.379	0.164	3.159	0.245	10.743	2.019	2.060	0.136	113.72	25.76	1.15	32.12	10.04	16.35	-	0.240

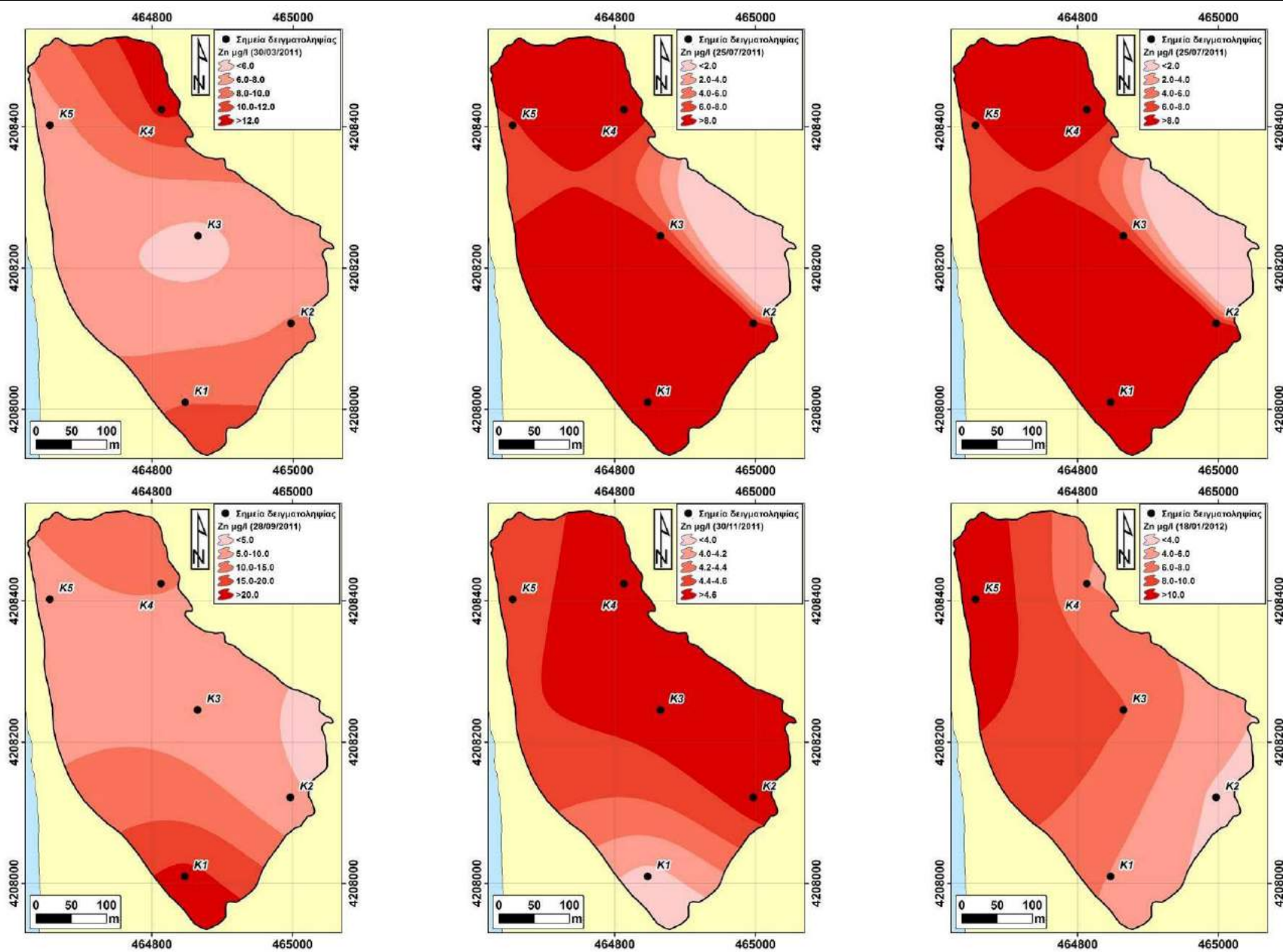
SD	0.011	0.020	0.785	0.111	2.381	0.249	18.873	1.735	7.553	0.061	373.47	35.17	0.58	52.86	9.93	21.87	-	0.222
RSD (%)	91.826	109.026	207.162	68.071	75.361	101.478	175.668	85.924	366.739	45.005	328.42	136.56	50.65	164.58	98.97	133.74	-	92.565
MIN	0.004	0.009	0.032	0.094	1.718	0.078	2.914	0.001	0.178	0.106	0.99	0.00	0.79	0.00	0.99	0.80	-	0.003
MAX	0.056	0.113	3.493	0.435	15.038	0.835	108.192	5.994	41.880	0.396	2025.83	167.41	2.47	159.90	30.85	68.18	-	0.952
MEDIAN	0.009	0.009	0.094	0.094	2.600	0.140	6.207	2.214	0.413	0.106	23.46	10.67	0.79	1.69	6.25	3.08	-	0.190
N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	10	30

Πιο συγκεκριμένα, οι συγκεντρώσεις Zn εμφανίζονται κατά κύριο λόγο στην διαλυτή φάση (Εικόνα 81) και λιγότερο στη σωματιδιακή. Αρκετά υψηλές συγκεντρώσεις συναντώνται στο νότιο και στο βόρειο τμήμα της λίμνης (σημεία δειγματοληψίας K1 και K5 αντίστοιχα), ενώ στο κεντρικό τμήμα της λίμνης (σημείο δειγματοληψίας K3) συναντώνται συνήθως οι μικρότερες συγκριτικά τιμές. Οι υψηλότερες τιμές συναντώνται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας (01/06 και 25/07/2011), ενώ οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρούνται κατά τους φθινοπωρινούς μήνες (30/11/2011 και 18/01/2012) (Εικόνα 82). Σε μία περίπτωση (σημείο δειγματοληψίας K1 στις 25/07/2011) η τιμή της διαλυτής φάσης φτάνει στα 108,2 μg/l, γεγονός που πρέπει να οφείλεται σε ανεξέλεγκτη διάθεση ρύπων στη λίμνη (Εικόνα 81).



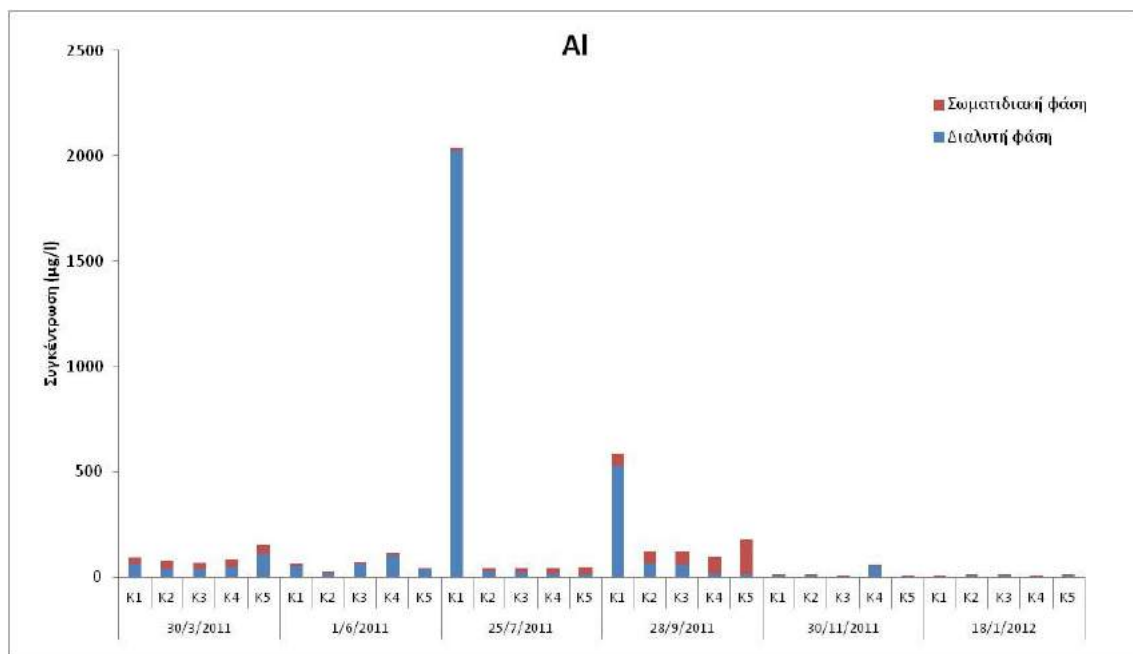
Εικόνα 81: Συγκεντρώσεις διαλυτής και σωματιδιακής φάσης Zn στα σημεία δειγματοληψίας



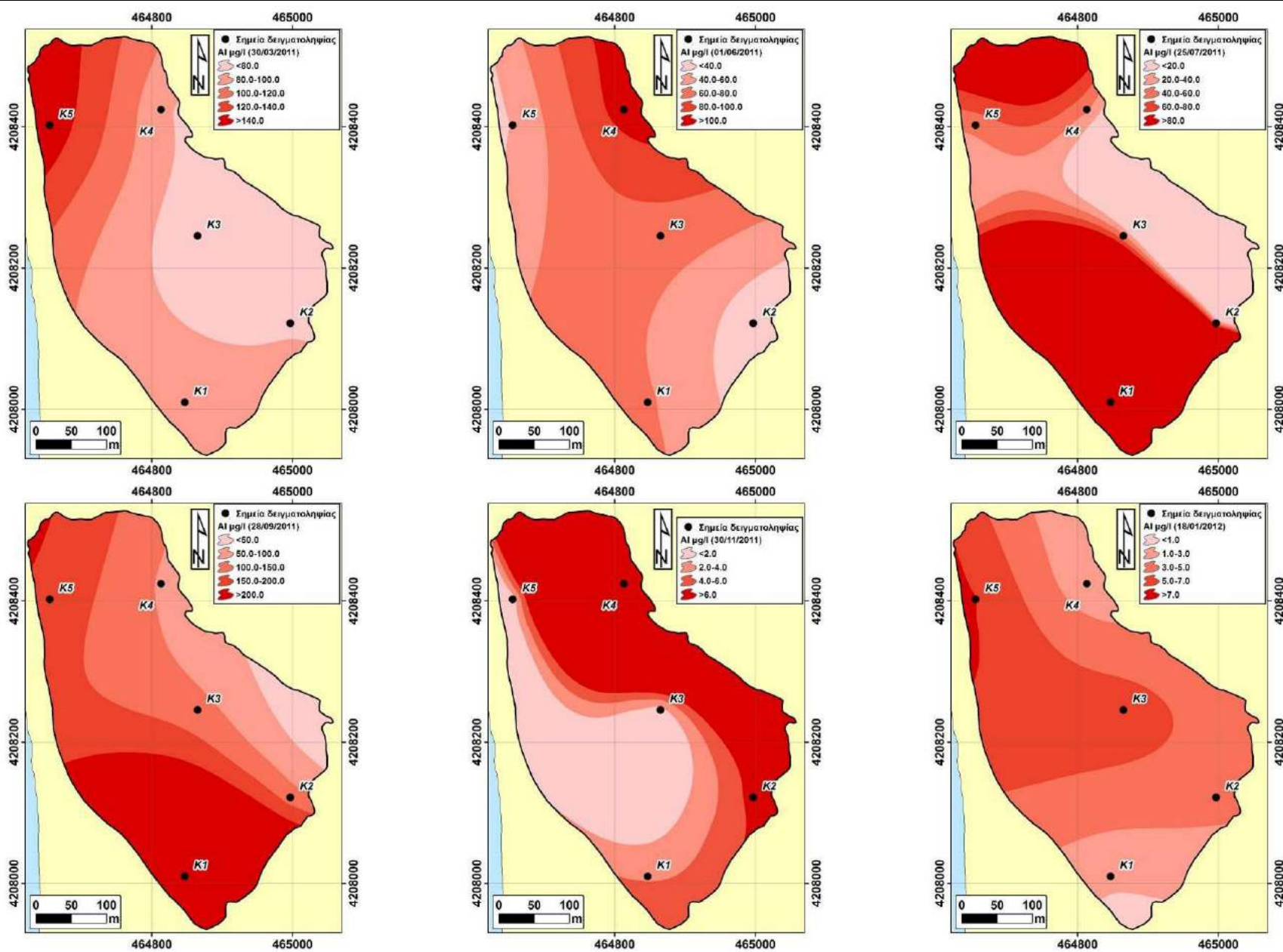


Εικόνα 82: Χωρική κατανομή της συγκέντρωσης Zn (αθροιστική διαλυτή και σωματιδιακή φάση)

Οι συγκεντρώσεις ΑΙ εμφανίζονται ιδιαίτερα αυξημένες στο νότιο τμήμα της λίμνης Κουμουνδούρου (σημείο δειγματοληψίας Κ1) και οι χαμηλότερες στο ανατολικό (Εικόνα 84). Η υψηλότερη τιμή συναντάται στις 25/07/2011 στο σημείο Κ1 (2.025,8  $\mu\text{g/l}$  - διαλυτή φάση), ενώ ιδιαίτερα αυξημένες είναι και οι τιμές του ΑΙ στις 28/09/2011 σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας (Εικόνα 83). Γενικά, οι συγκεντρώσεις ΑΙ εμφανίζονται κατά κύριο λόγο στην διαλυτή φάση, εκτός από την περίπτωση της δειγματοληψίας στις 28/09/2011, όπου επικρατεί η σωματιδιακή φάση σε όλη την έκταση της λίμνης εκτός από το νότιο τμήμα - σημείο δειγματοληψίας Κ1 (Εικόνα 83). Πλησίον της θέσης Κ1 βρίσκεται και η τεχνητή όχθη στα νοτιοδυτικά της λίμνης που δημιουργήθηκε με απόρριψη ανθρωπογενών υλικών (μπάζων) κάποια στιγμή μετά το 1945 και πριν το 1979, στην οποία συνεχίζονται να απορρίπτονται, περιστασιακά, μπάζα και βιομηχανικά/αστικά λύματα που ενδέχεται να επιβαρύνουν και την ποιότητα νερού της λίμνης.

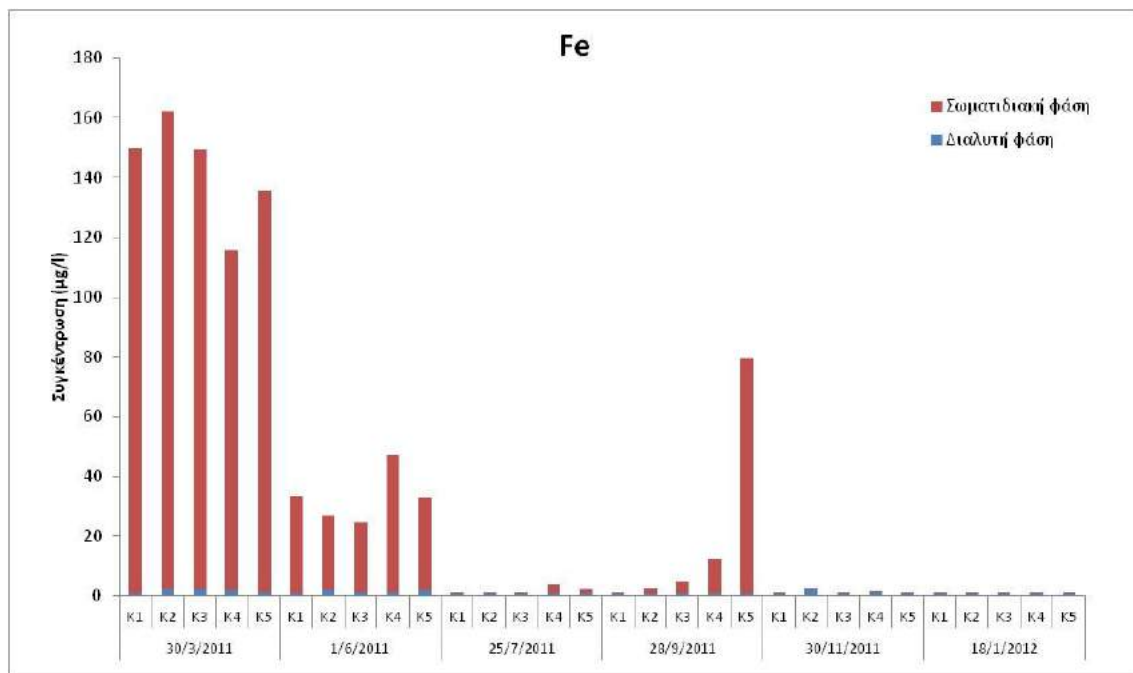


**Εικόνα 83:** Συγκεντρώσεις διαλυτής και σωματιδιακής φάσης ΑΙ στα σημεία δειγματοληψίας

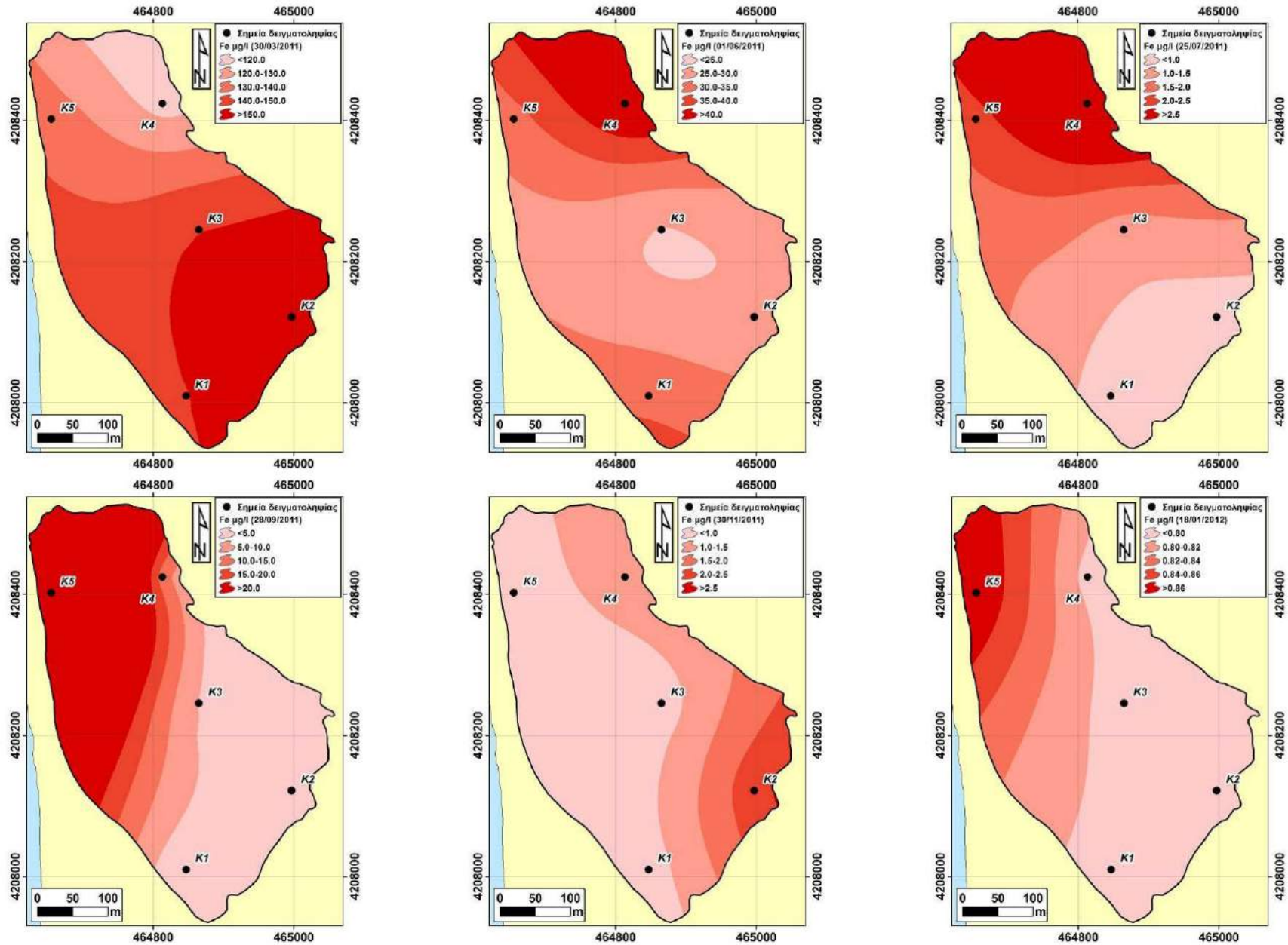


Εικόνα 84: Χωρική κατανομή της συγκέντρωσης ΑΙ (αθροιστική διαλυτή και σωματιδιακή φάση)

Στην περίπτωση του Fe επικρατεί η σωματιδιακή φάση (Εικόνα 85), ενώ οι θέσεις όπου παρατηρούνται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις συμπίπτουν με τις θέσεις των καταγεγραμμένων πηγών (και της θέσης πλησίον του θυροφράγματος - Κ5, όπου όπως προαναφέρθηκε ενδέχεται να υπάρχει καρστικός αγωγός). Ως εκ τούτου η προέλευση του Fe στην συγκεκριμένη περίπτωση συνδέεται κυρίως με τις υπόγειες, καρστικές πηγές που εκφορτίζουν ένα ποσοστό του υπόγειου νερού του Θριάσιου πεδίου και δεν μπορούν να αποδοθούν σε σημαντικό ποσοστό στην επαναιώρηση ιζήματος λόγω ανοξικών συνθηκών, κάτι που παρατηρείται συνήθως στις περισσότερες λίμνες κατά την καλοκαιρινή περίοδο (στη λίμνη Κουμουνδούρου οι συγκεντρώσεις Fe είναι υψηλές το χειμώνα και χαμηλές το καλοκαίρι ενώ δεν παρατηρείται και έλλειψη διαλυμένου οξυγόνου). Οι υψηλότερες τιμές Fe συναντώνται στο βόρειο τμήμα της λίμνης Κουμουνδούρου (σημείο δειγματοληψίας Κ4), εκτός από την πρώτη δειγματοληψία (30/03/2011), όπου οι υψηλότερες συγκεντρώσεις συναντώνται στο νοτιοανατολικό τμήμα (σημείο δειγματοληψίας Κ2). Παράλληλα, αρκετά υψηλές τιμές συναντώνται και στο σημείο δειγματοληψίας Κ5, στην περιοχή του θυροφράγματος (Εικόνα 86). Γενικά πολύ υψηλές τιμές Fe συναντώνται κατά τις δύο πρώτες δειγματοληψίες (30/03/2011 και 01/06/2011), ενώ στις υπόλοιπες δειγματοληψίες οι τιμές είναι αρκετά μικρότερες, με εξαίρεση τα σημεία δειγματοληψίας Κ4 και Κ5 στις 28/09/2011.

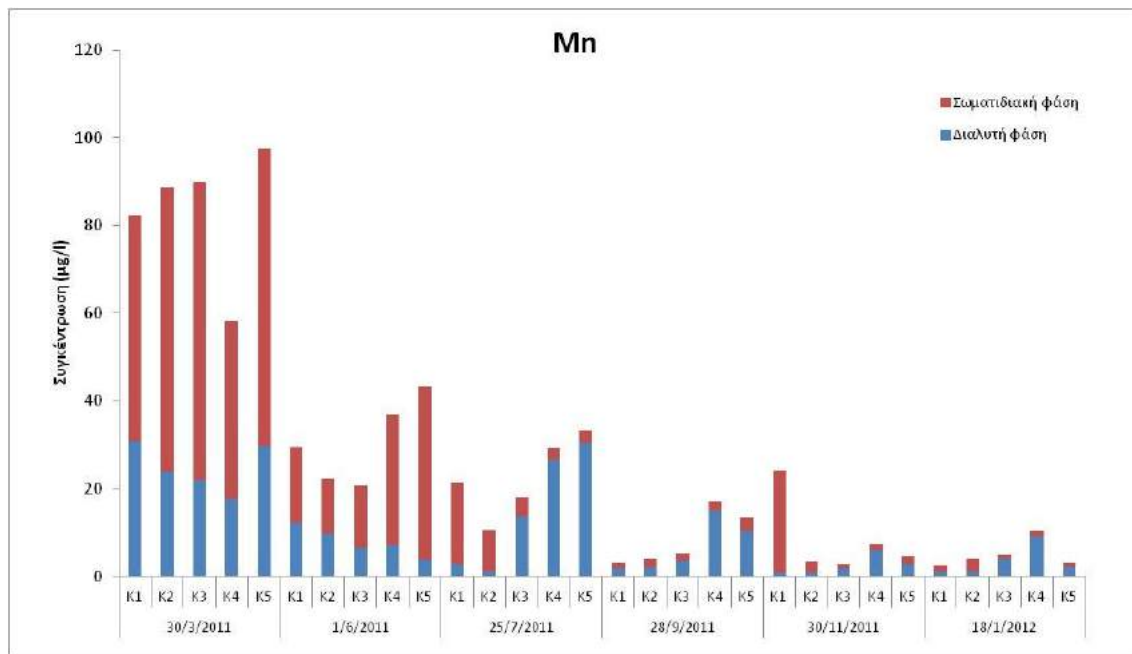


**Εικόνα 85:** Συγκεντρώσεις διαλυτής και σωματιδιακής φάσης Fe στα σημεία δειγματοληψίας

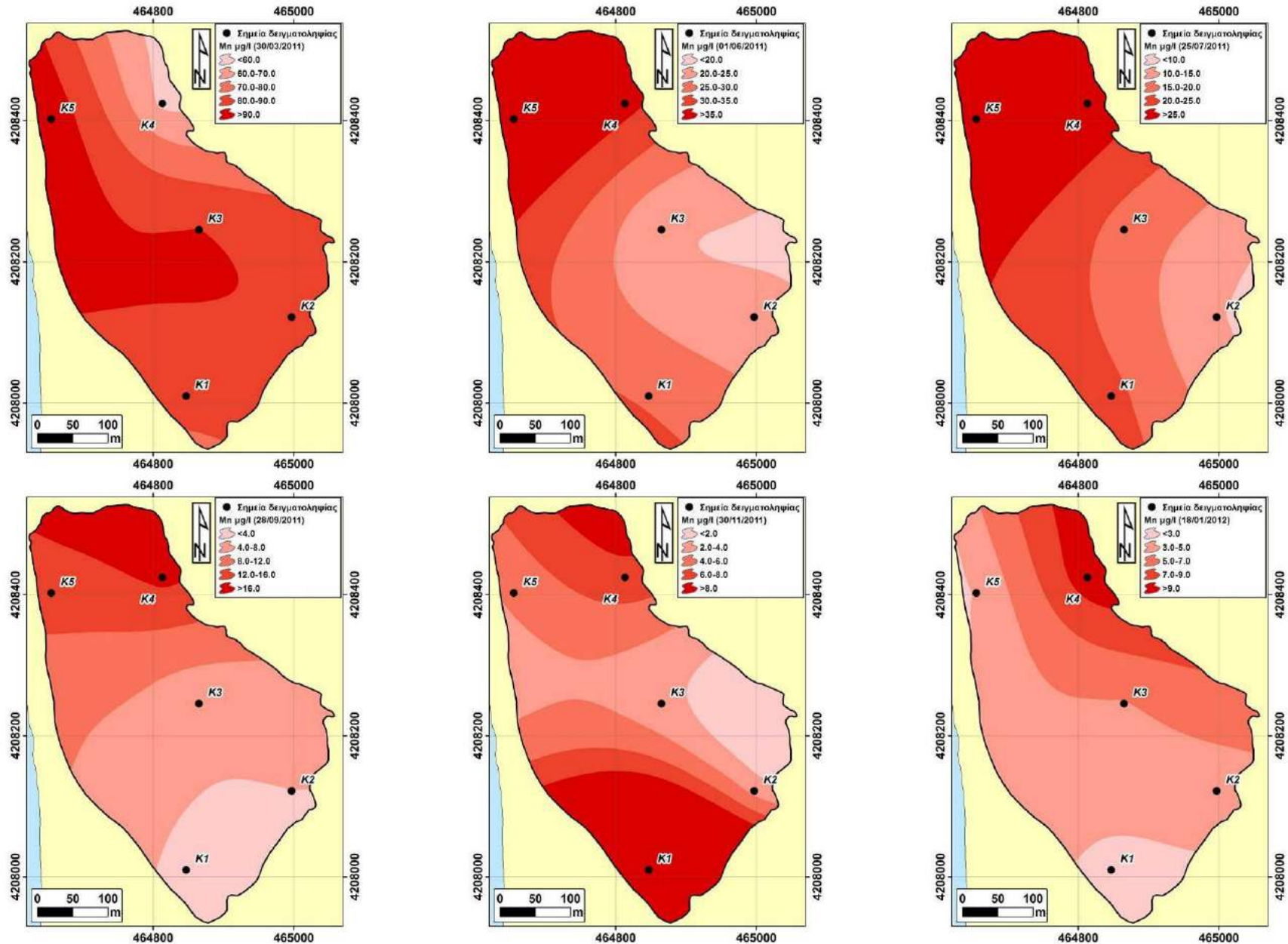


Εικόνα 86: Χωρική κατανομή της συγκέντρωσης Fe (αθροιστική διαλυτή και σωματιδιακή φάση)

Αναφορικά με τις συγκεντρώσεις Mn, οι υψηλότερες τιμές συναντώνται στο βορειοδυτικό τμήμα της λίμνης Κουμουνδούρου (σημεία δειγματοληψίας K4 και K5), εκτός από την ημερομηνία δειγματοληψίας 30/03/2011, όπου στο σημείο K4 σημειώθηκαν συγκριτικά μικρότερες τιμές, και την δειγματοληψία στις 30/11/2011, όπου υψηλές συγκεντρώσεις Mn παρατηρήθηκαν και στο σημείο K1 (Εικόνα 88). Γενικά, οι συγκεντρώσεις Mn σταδιακά φαίνονται να μειώνονται, με εξαίρεση τα σημεία δειγματοληψίας K4 και K5 στις 28/09/2011 και το σημείο δειγματοληψίας K1 στις 30/11/2011. Στην περίπτωση του Mn επικρατεί η σωματιδιακή φάση (Εικόνα 87). Το Mn ενδέχεται να προέρχεται εν μέρει από διάλυση του δολομίτη, ο οποίος περιέχει στην σύσταση του σε σημαντικό ποσοστό το εν λόγω στοιχείο ενώ και η εξάπλωση του δολομίτη στην περιοχή είναι σημαντική. Παρόλα αυτά, ο συνδυασμός των αυξημένων συγκεντρώσεων και άλλων βαρέων μετάλλων όπως ο Zn, το Al και το Ni, σε ορισμένες δειγματοληψίες, στην θέση K1, που είναι πλησίον της Εθνικής οδού και μακριά από τις βασικές υπολίμνιες πηγές γλυκού νερού, υποδεικνύουν την πιθανότητα απόρριψης βιομηχανικών αποβλήτων (κατασκευή μεταλλικών προϊόντων) πλησίον της ανωτέρω θέσης.



**Εικόνα 87:** Συγκεντρώσεις διαλυτής και σωματιδιακής φάσης Mn στα σημεία δειγματοληψίας



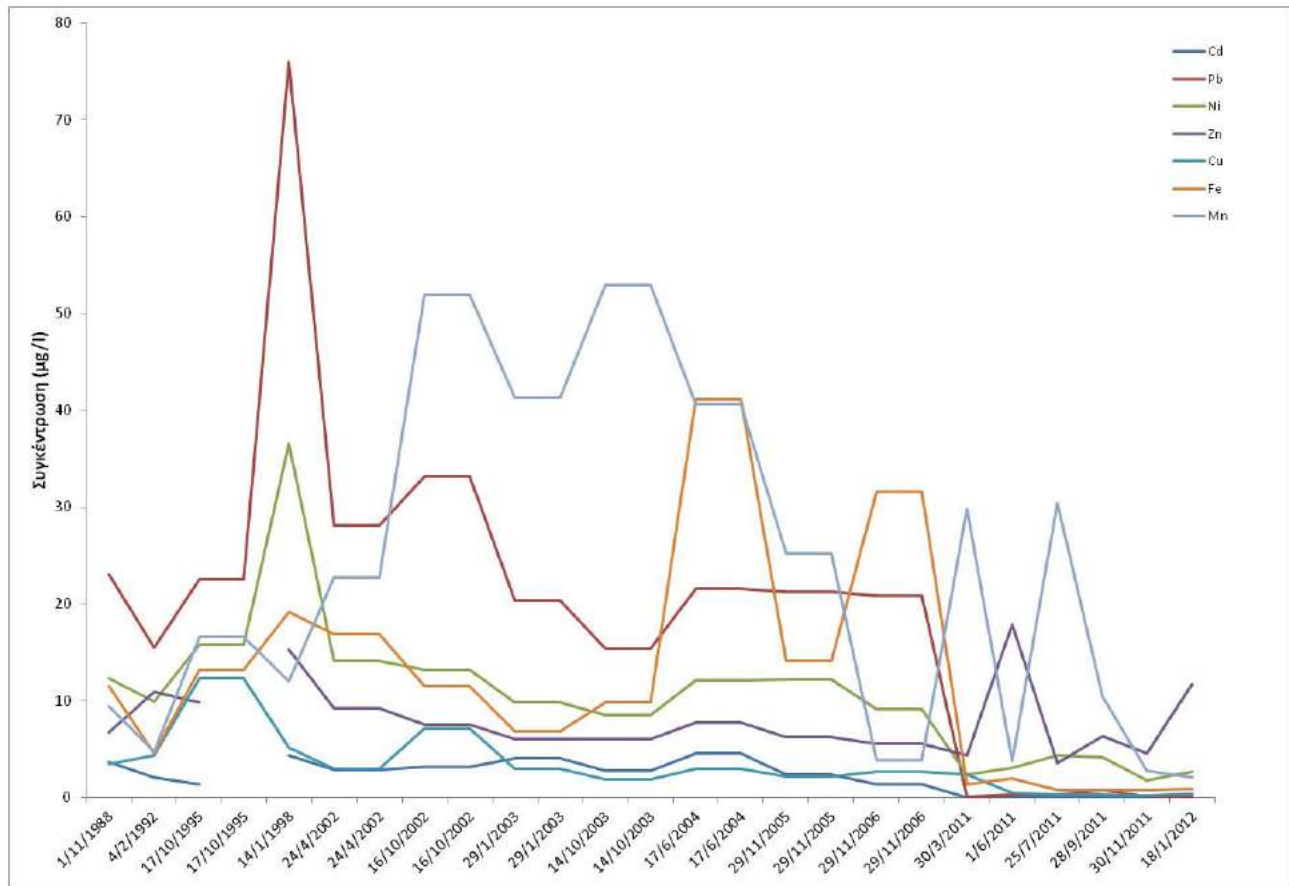
Εικόνα 88: Χωρική κατανομή της συγκέντρωσης Mn (αθροιστική διαλυτή και σωματιδιακή φάση)

Με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων βαρέων μετάλλων που έχουν γίνει από τον Αναπτυξιακό Σύνδεσμο Θριάσιου Πεδίου σε δείγματα νερού της λίμνης Κουμουνδούρου στην περιοχή του θυροφράγματος (περίοδος δειγματοληψίας 01/11/1988 - 29/11/2006) και τις μετρήσεις της παρούσας μελέτης στην αντίστοιχη περιοχή, προκύπτει ότι διαχρονικά επικρατεί μια τάση μείωσης των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων (Πίνακας 34). Εξαιρέση αποτελούν οι συγκεντρώσεις των Zn και Mn, όπου σημειώθηκαν αυξημένες συγκεντρώσεις κατά τις μετρήσεις του 2011 (Εικόνα 89).

**Πίνακας 35:** Διαχρονική μεταβολή της συγκέντρωσης της διαλυτής φάσης των βαρέων μετάλλων στην περιοχή του θυροφράγματος της Λίμνης Κουμουνδούρου

Ημερομηνία δειγματοληψίας	Cd	Pb	Ni	Zn	Cu	Fe	Mn	
	μg/L							
1/11/1988	3.70	23.00	12.30	6.70	3.50	11.50	9.40	
4/2/1992	2.10	15.50	9.90	10.90	4.40	4.60	4.80	
17/10/1995	1.40	22.50	15.80	9.80	12.30	13.20	16.60	
17/10/1995	-	22.50	15.80	-	12.30	13.20	16.60	
14/1/1998	4.40	76.00	36.60	15.30	5.10	19.20	12.00	
24/4/2002	2.90	28.10	14.10	9.20	2.95	16.90	22.75	
24/4/2002	2.90	28.10	14.10	9.20	2.95	16.90	22.75	
16/10/2002	3.15	33.15	13.21	7.58	7.09	11.52	51.94	
16/10/2002	3.15	33.15	13.21	7.58	7.09	11.52	51.94	
29/1/2003	4.10	20.35	9.85	6.05	2.95	6.85	41.35	
29/1/2003	4.10	20.35	9.85	6.05	2.95	6.85	41.35	
14/10/2003	2.75	15.40	8.55	6.05	1.90	9.80	52.95	
14/10/2003	2.75	15.40	8.55	6.05	1.90	9.80	52.95	
17/6/2004	4.55	21.50	12.10	7.70	3.00	41.10	40.60	
17/6/2004	4.55	21.50	12.10	7.70	3.00	41.10	40.60	
29/11/2005	2.40	21.25	12.20	6.20	2.15	14.10	25.25	
29/11/2005	2.40	21.25	12.20	6.20	2.15	14.10	25.25	
29/11/2006	1.40	20.90	9.10	5.55	2.70	31.60	3.85	
29/11/2006	1.40	20.90	9.10	5.55	2.70	31.60	3.85	
30/3/2011	0.007	0.04	2.32	4.34	2.36	1.34	29.78	
1/6/2011	0.014	0.23	3.07	17.83	0.50	1.98	3.79	
25/7/2011	0.006	0.25	4.38	3.54	0.29	<0,790	30.38	
28/9/2011	0.007	0.75	4.17	6.36	0.24	<0,790	10.38	
30/11/2011	0.018	0.076	1.815	4.529	0.178	<0,790	2.805	
18/1/2012	0.046	0.070	2.636	11.741	0.404	0.879	2.110	
Στατιστικά στοιχεία	AVER	2.258	19.288	10.680	7.821	3.482	13.280	24.641
	SD	1.606	15.862	6.895	3.372	3.212	11.842	17.831
	RSD (%)	71.096	82.234	64.561	43.120	92.235	89.167	72.362
	MIN	0.006	0.040	1.815	3.542	0.178	0.790	2.110
	MAX	4.550	76.000	36.600	17.829	12.300	41.100	52.950
	MEDIAN	2.575	20.900	9.900	6.532	2.950	11.520	22.750
	N	24	25	25	24	25	25	25





**Εικόνα 89:** Διαχρονική μεταβολή των συγκεντρώσεων της διαλυτής φάσης των βαρέων μετάλλων του νερού στην περιοχή του θυροφράγματος της Λίμνης Κουμουνδούρου

#### 5.4.4. Βαρέα μέταλλα στα ιζήματα

Στον Πίνακα 36 δίνονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων βαρέων μετάλλων στα ιζήματα της Λίμνης Κουμουνδούρου που έγιναν στα πλαίσια της παρούσας μελέτης.

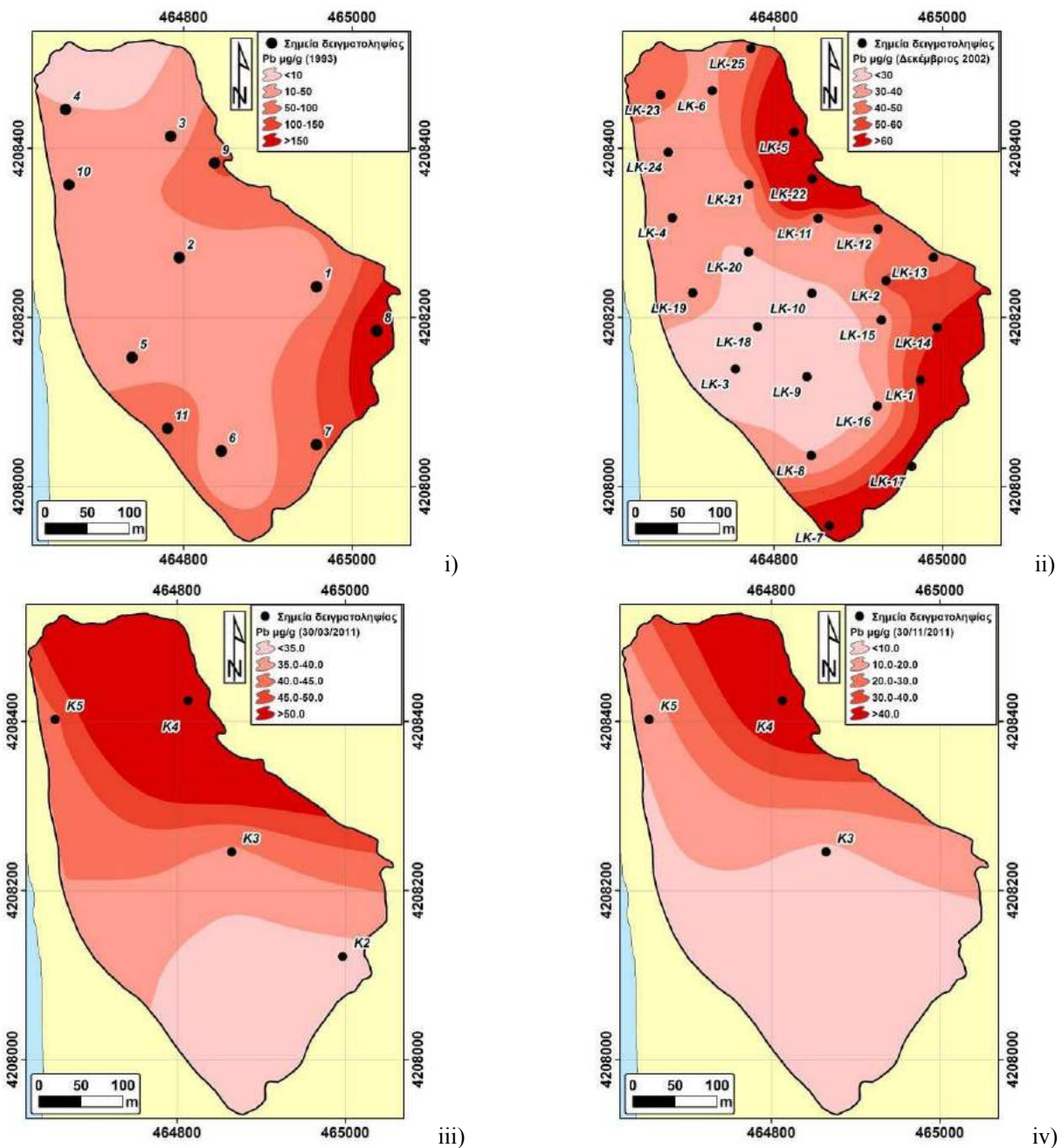
Η λεπτόκοκκη φάση είναι κατά κύριο λόγο ο φορέας των βαρέων μετάλλων και για τον λόγο αυτό πολλές φορές γίνεται διαχωρισμός της συγκέντρωσής τους μεταξύ του αδρόκοκκου και λεπτόκοκκου κλάσματος με όριο τα 63 µm. Στην περίπτωση των βαρέων μετάλλων των ιζημάτων της λίμνης Κουμουνδούρου προκύπτει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των συγκεντρώσεών τους βρίσκεται στο λεπτόκοκκο κλάσμα (ιλύς και άργιλος,  $\varnothing < 63\mu\text{m}$ ). Μόνο στην περίπτωση του δείγματος K5 στην περιοχή του θυροφράγματος η συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων στο αδρόκοκκο κλάσμα είναι σχετικά αυξημένη (31,96% στις 30/03/2011 και 13,6% στις 30/11/2011).

**Πίνακας 36:** Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στα ιζήματα της Λίμνης Κουμουνδούρου

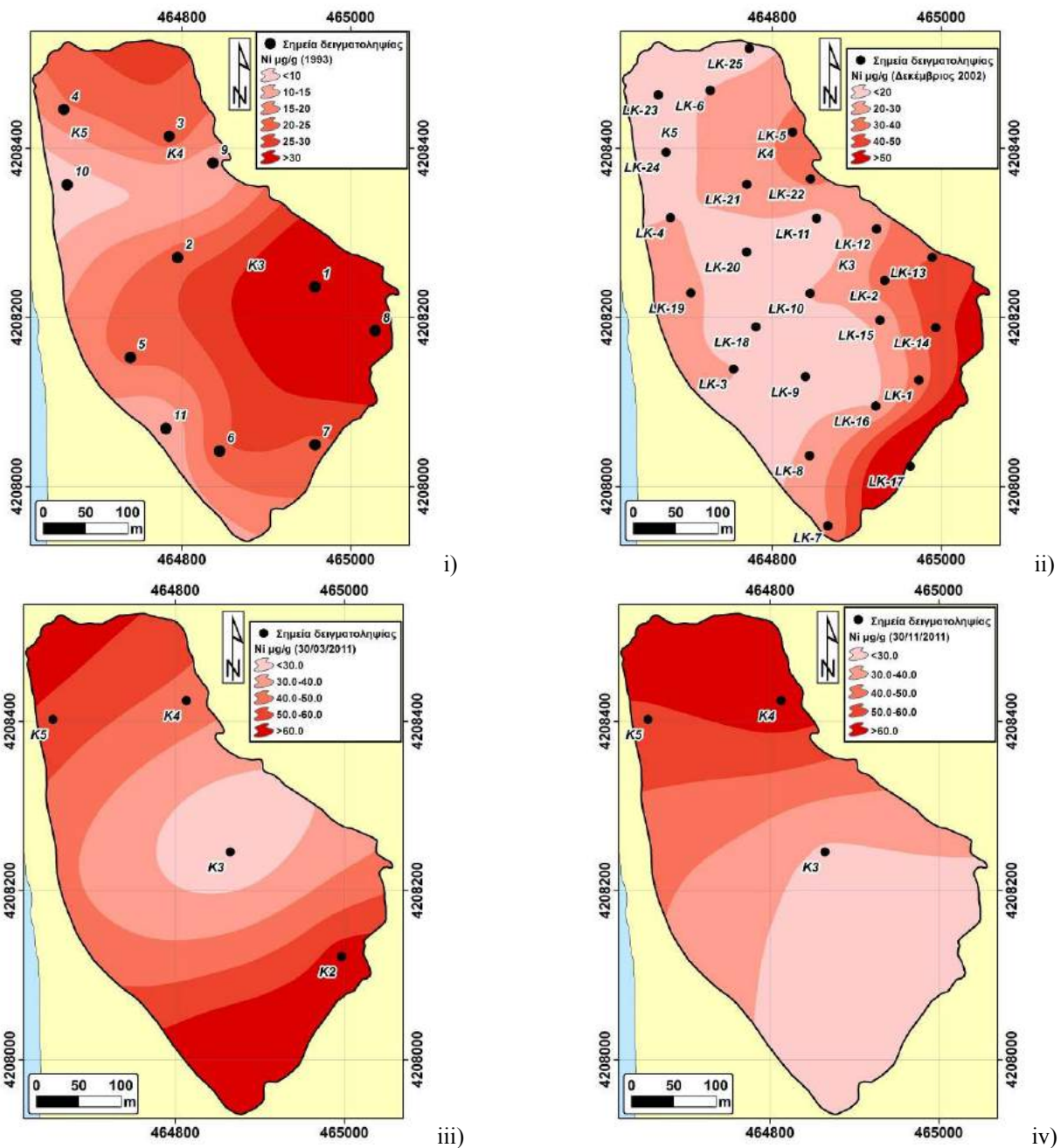
Παράμετρος		Cd	Pb	Ni	Zn	Cu	Mn	Hg	Al	Fe	Ø>63 µm	Ø <63µm	CaCO <sub>3</sub>	TOC	
		µg/g								%					
Δαίγμα	30/03/11	K2	0.355	33.65	<b>65.83</b>	79.85	21.60	183.04	<b>4.805</b>	1.002	0.977	14.47	85.53	29.26	10.31
		K3	0.219	39.07	<b>23.01</b>	59.22	14.66	75.34	<b>5.495</b>	0.416	0.335	18.74	81.26	31.50	9.93
		K4	0.539	<b>80.45</b>	<b>46.46</b>	<b>208.05</b>	31.67	92.76	<b>20.133</b>	0.496	0.483	10.52	89.48	24.21	17.86
		K5	0.311	44.01	<b>56.42</b>	98.37	33.19	<b>1234.8</b>	<b>0.191</b>	0.326	0.393	<b>31.96</b>	68.04	27.59	13.64
	30/11/11	K3	0.207	8.20	<b>28.7</b>	42.8	18.50	0.659	<b>0.215</b>	150.8	2.34	0.0	100.0	26.9	5.2
		K4	0.456	<b>59.79</b>	<b>69.1</b>	133.3	<b>42.17</b>	1.240	<b>0.424</b>	96.9	152.23	0.0	100.0	28.7	5.4
K5		0.257	13.78	<b>57.5</b>	61.9	23.94	0.436	<b>0.188</b>	228.6	1.86	<b>13.6</b>	86.4	29.3	5.6	
Στατιστικά στοιχεία	mean	<b>0.356</b>	<b>49.29</b>	<b>47.93</b>	<b>111.37</b>	<b>25.278</b>	<b>396.48</b>	<b>7.656</b>	<b>0.560</b>	<b>0.547</b>	<b>18.9</b>	<b>81.1</b>	<b>28.1</b>	<b>12.9</b>	
	SD	0.135	21.19	18.40	66.41	8.751	560.86	8.645	0.302	0.293	9.3	9.3	3.1	3.7	
	RSD (%)	37.83	43.00	38.39	59.62	34.62	141.46	112.9	54.02	53.59	49.3	11.5	10.9	28.5	
	min	0.219	33.65	23.01	59.22	14.66	75.342	0.191	0.326	0.335	10.5	68.0	24.2	9.9	
	max	0.539	80.45	65.83	208.05	33.19	1234.8	20.13	1.00	0.98	32.0	89.5	31.5	17.9	
	median	0.333	41.54	51.44	89.11	26.63	137.9	5.15	0.456	0.438	16.6	83.4	28.4	12.0	
	n	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
<b>Όρια EPA (1996)</b>		<b>1,2</b>	<b>47</b>	<b>21</b>	<b>150</b>	<b>34</b>	<b>-</b>	<b>0,15</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	
<b>Mean (Ε.Κ.Θ.Ε., 1994)</b>		<b>1.4</b>	<b>61.6</b>	<b>21.9</b>	<b>183.7</b>	<b>38.9</b>	<b>148.0</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>4701.3</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	
<b>Mean (Ε.Κ.Θ.Ε., 2003)</b>		<b>-</b>	<b>47</b>	<b>27</b>	<b>83</b>	<b>20</b>	<b>156</b>	<b>1.73</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>71.0</b>	<b>13.20</b>	

Από τον ανωτέρω πίνακα προκύπτει ότι οι συγκεντρώσεις Ni και Hg υπερβαίνουν τα όρια οικολογικού κινδύνου στο ιζήμα που έχει θέσει η Αμερικανική Υπηρεσία Περιβάλλοντος (EPA, 1996) σε όλα τα σημεία και για τις δύο ημερομηνίες δειγματοληψίας. Παράλληλα, αυξημένες συγκεντρώσεις συναντώνται στις περιπτώσεις των Pb, Zn, Cu και Mn.

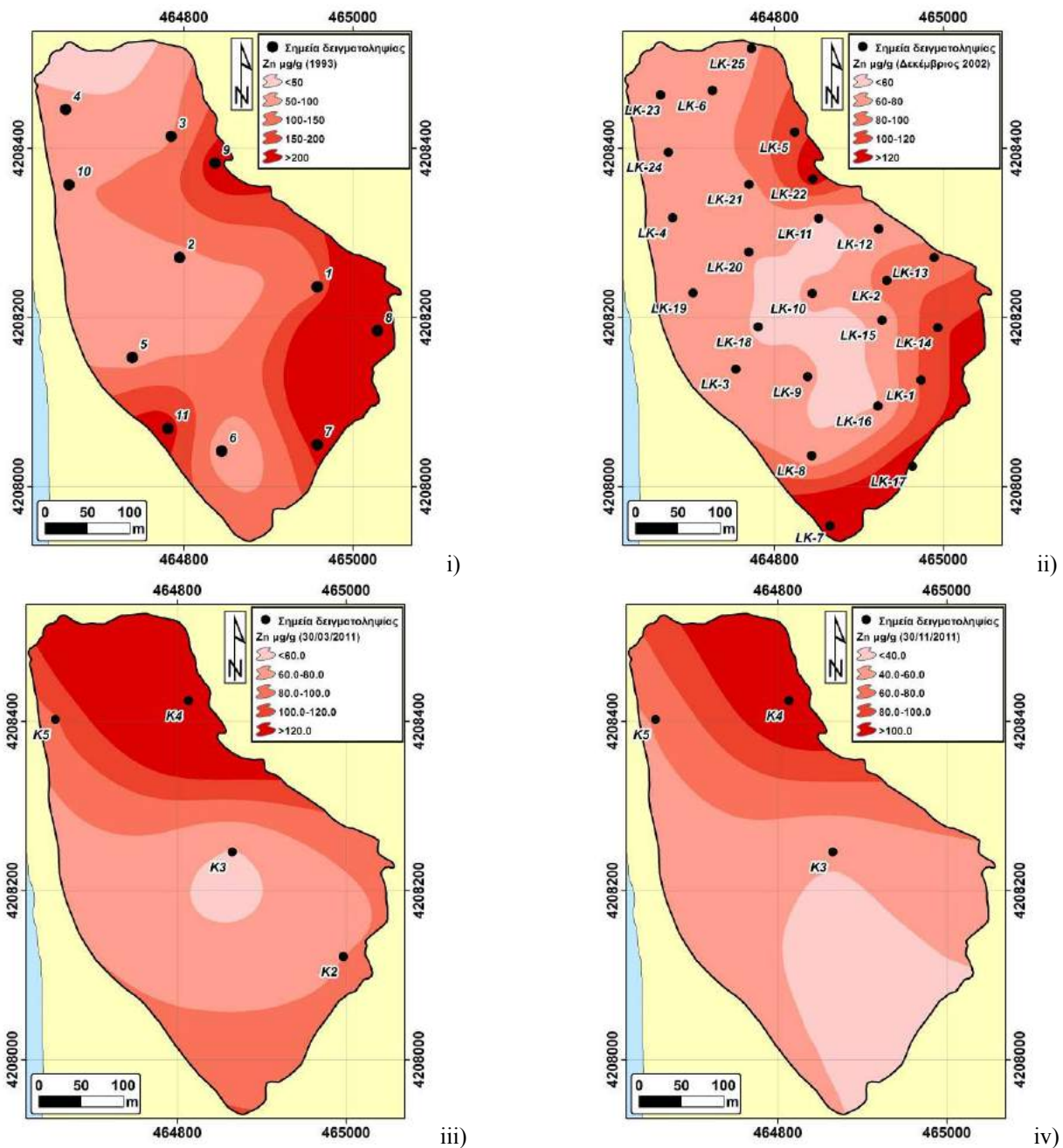
Συγκριτικά με τα αποτελέσματα παλαιότερων μελετών (Ε.Κ.Θ.Ε., 1994 & 2003), όπου το δίκτυο δειγματοληψίας και στις δύο περιπτώσεις ήταν πολύ πιο πυκνό από το δίκτυο της συγκεκριμένης μελέτης, προκύπτει ότι οι σύγχρονες συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων είναι μειωμένες. Ιδιαίτερα στην περίπτωση του Pb (Εικόνα 90) και του Zn (Εικόνα 92) οι τιμές σήμερα είναι σημαντικά μικρότερες. Αντίθετα, οι συγκεντρώσεις Ni (Εικόνα 91) και Mn (Εικόνα 93) στο ιζήμα εμφανίζονται αυξημένες συγκριτικά με τις μετρήσεις του 1993 (Ε.Κ.Θ.Ε., 1994) και του 2003 (Ε.Κ.Θ.Ε., 2003).



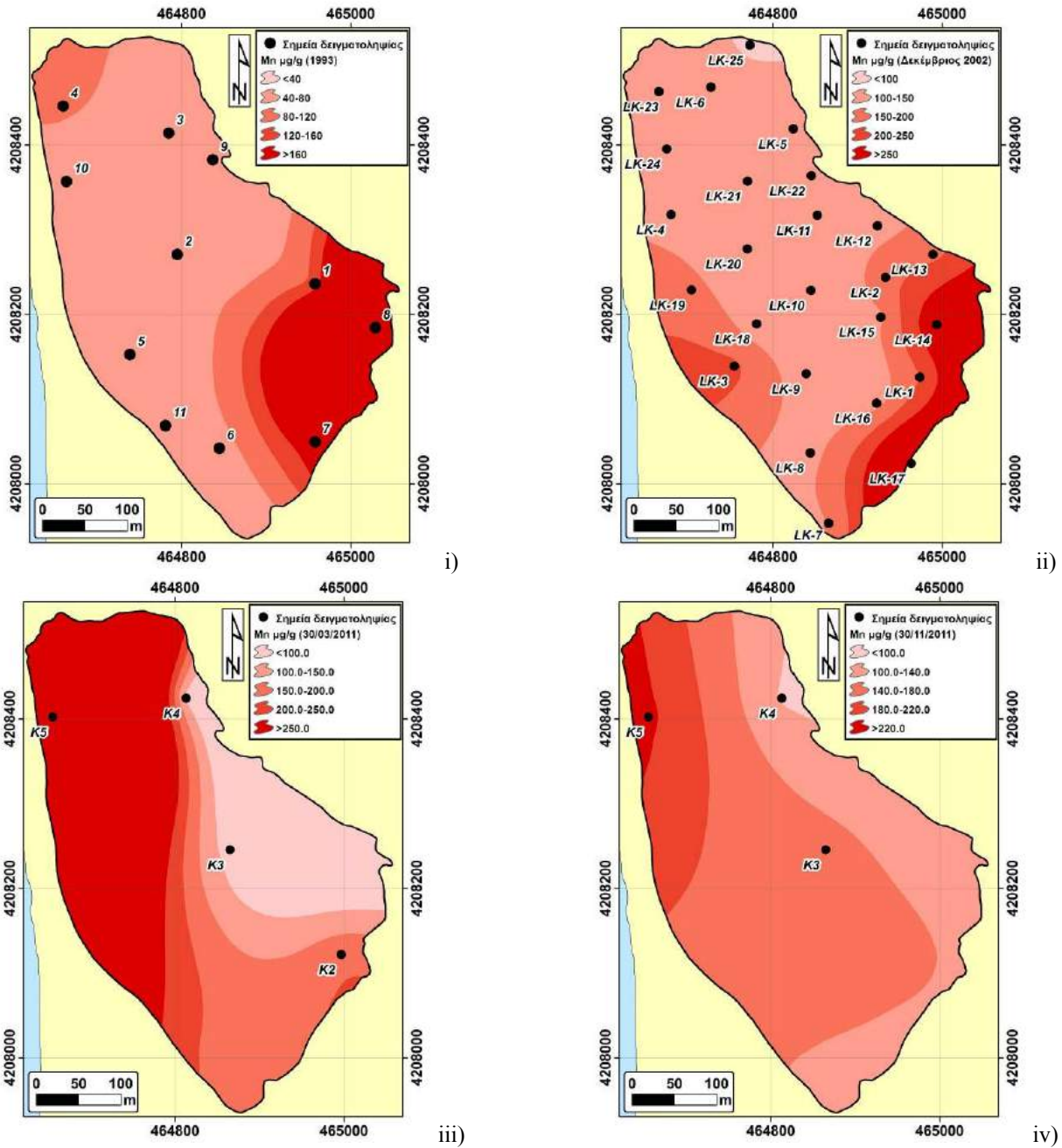
**Εικόνα 90:** Χωρική κατανομή της συγκέντρωσης Pb στο ίζημα της λίμνης Κουμουνδούρου (πηγή δεδομένων χάρτη: i: Ε.Κ.Θ.Ε., 1994, ii: Ε.Κ.Θ.Ε., 2003)



**Εικόνα 91:** Χωρική κατανομή της συγκέντρωσης Ni στο ίζημα της λίμνης Κουμουνδούρου (πηγή δεδομένων χάρτη: i: Ε.Κ.Θ.Ε., 1994, ii: Ε.Κ.Θ.Ε., 2003)



**Εικόνα 92:** Χωρική κατανομή της συγκέντρωσης Zn στο ίζημα της λίμνης Κουμουνδούρου (πηγή δεδομένων χάρτη: i: Ε.Κ.Θ.Ε., 1994, ii: Ε.Κ.Θ.Ε., 2003)



**Εικόνα 93:** Χωρική κατανομή της συγκέντρωσης Mn στο ίζημα της λίμνης Κουμουνδούρου (πηγή δεδομένων χάρτη: i: Ε.Κ.Θ.Ε., 1994, ii: Ε.Κ.Θ.Ε., 2003)

Αναφορικά με την χωρική κατανομή των βαρέων μετάλλων στα ιζήματα του πυθμένα της λίμνης Κουμουνδούρου σήμερα προκύπτει ότι οι υψηλότερες συγκεντρώσεις του βρίσκονται στο βόρειο τμήμα (Cd, Pb, Zn, Hg, σημείο δειγματοληψίας Κ4) και οι μικρότερες στο κεντρικό τμήμα της λίμνης

(σημείο δειγματοληψίας K3). Εξαιρέση αποτελούν το Mn και το Cu, όπου οι μεγαλύτερες τιμές τους συναντώνται στην περιοχή του θυροφράγματος (σημείο δειγματοληψίας K5) και το Ni, το Al και το Fe, όπου οι μεγαλύτερες τιμές του συναντώνται στο νότιο τμήμα της λίμνης (σημείο δειγματοληψίας K2). Αντίστοιχα, για τα εν λόγω βαρέα μέταλλα, με βάση τα αποτελέσματα των παλαιότερων μελετών, οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις, εντοπίζονταν στο ανατολικό και νοτιοανατολικό τμήμα της λίμνης (Ε.Κ.Θ.Ε., 1994 & 2003). Γενικότερα, οι υψηλές συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στο ίζημα της λίμνης συναντώνται κοντά στις βασικές υπολίμνιες πηγές, κάτι αναμενόμενο αφού εισέρχονται στη λίμνη μέσω του υπόγειου νερού και αποτίθενται σχετικά άμεσα στα ιζήματα του πυθμένα. Η γεωγραφική κατανομή των ανωτέρω συγκεντρώσεων είναι το αθροιστικό αποτέλεσμα της διαχρονικής εισροής βαρέων μετάλλων και ως εκ τούτου η οποιαδήποτε μεταβολή στο καθεστώς εισροής των ρύπων θα φανεί σε μέσο - μακροχρόνιο ορίζοντα.

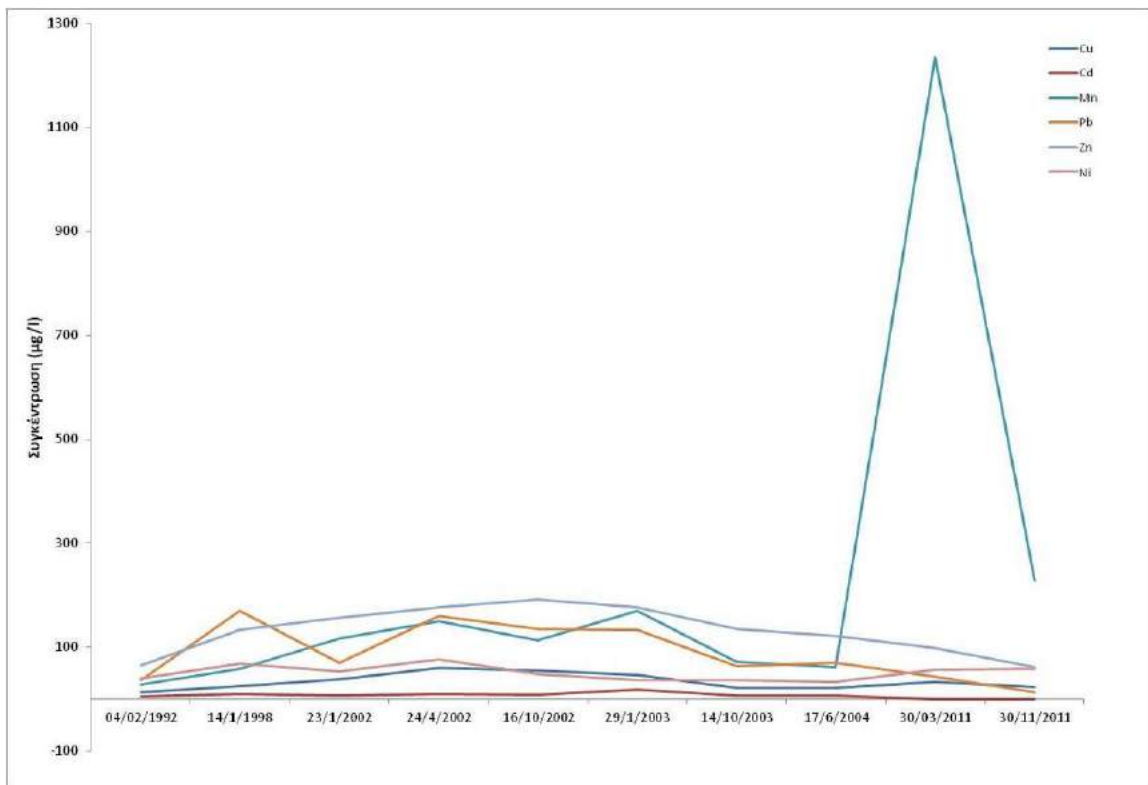
Συγκριτικά με τις συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στα ιζήματα άλλων λιμνών στην Ελλάδα και στον κόσμο, όπως αυτές εντοπίστηκαν βιβλιογραφικά (Pertsemli & Voutsas, 2007, Πίνακας 37), οι τιμές στην λίμνη Κουμουνδούρου είναι σχετικά υψηλές, με εξαίρεση το Cd όπου οι τιμές είναι σχετικά χαμηλές. Παρόλα αυτά, παρουσιάζεται μια διαχρονική βελτίωση στις συγκεντρώσεις των περισσότερων βαρέων μετάλλων στο ίζημα όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η οποία ενδέχεται να συνεχιστεί λόγω και της σημαντικής μείωσης των συγκεντρώσεων των ανωτέρω ρυπαντών στα εισερχόμενα υπόγεια ύδατα.

**Πίνακας 37:** Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στα ιζήματα διαφόρων λιμνών στον κόσμο (Pertsemli & Voutsas, 2007)

Λίμνη	Χώρα	Cd	Pb	Ni	Zn	Cu	Mn
Κουμουνδούρου	Ελλάδα	0.35-0.54	8-81	23-69	43-208	15-42	75-1235
Βόλβη	Ελλάδα	0.74-1.0	10.5-14.4		48-75	12-16	84-157
Κορώνια	Ελλάδα	0.97-1.0	16.3-24.5		72-100	15-19	581-682
Lochnagar	Μεγάλη Βρετανία	0.4-6.0	30-400		50-250		
Hazar	Τουρκία			38-130	46-210	10-64	85-625
Palas	Τουρκία		1	44-140	59-61	15-23	
Φράγμα Ataturk	Τουρκία	2.8-4.8			10-47	<51	98-863
Texoma	USA	1.0-3.0	5-15	6-31	33-242	9-136	145-643
Balaton	Ουγγαρία	0.1-0.7	2.4-160	4.4-55	13-150	0.7-36	160-760
Kolleru	Ινδία	<0.27	2.5-5.1	0.2-2.2	356-622	270-572	
Macquiarie	Αυσταλία	<0.1-0.2	5.5-17.0	11-57	12-68	6-17	
PEL		3.5	91.3	35.9	315	197	-
TEL		0.6	35	18	123	35.7	-

πιθανό επίπεδο επίδρασης PEL  
κατώτερο όριο επίδρασης TEL

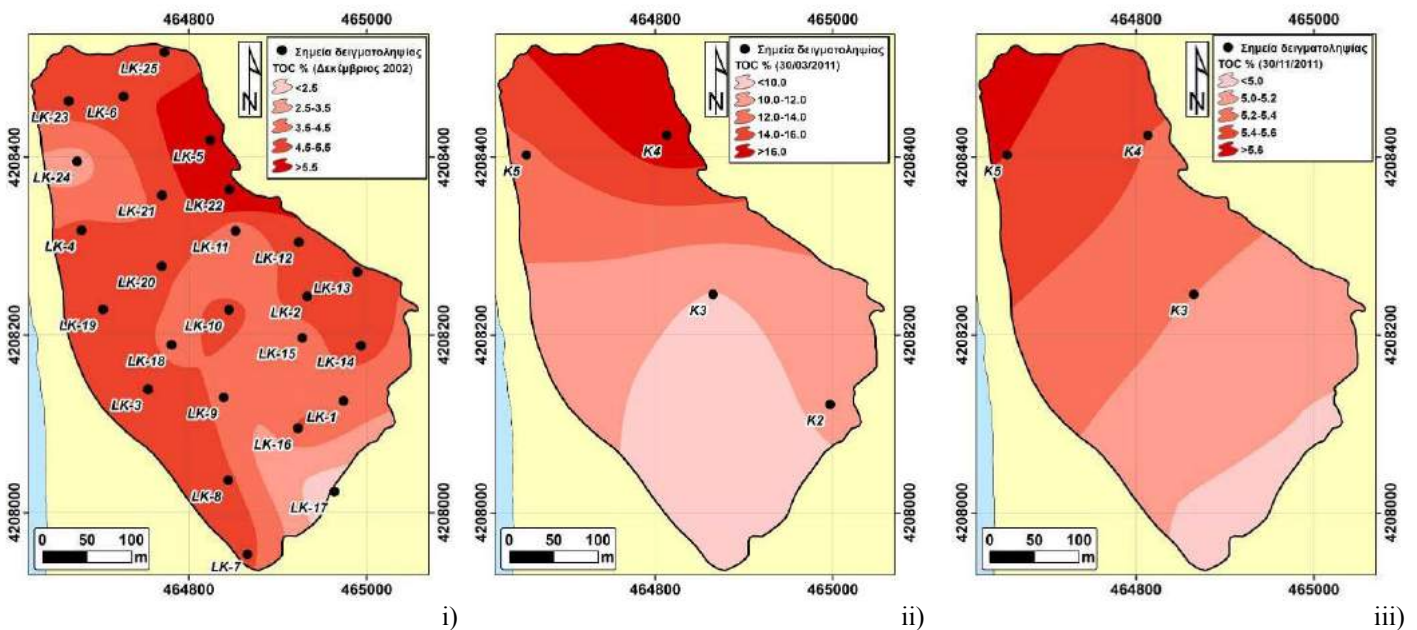
Εφαρμόζοντας το κριτήριο ποιότητας ιζημάτων κατά MacDonald et al. (2000), προκύπτει ότι οι συγκεντρώσεις Cd παίρνουν τιμές μικρότερες από αυτές των κριτηρίων PEL (πιθανό επίπεδο επίδρασης) και TEL (κατώτερο όριο επίδρασης). Αντίστοιχα, οι συγκεντρώσεις Zn και Cu παίρνουν τιμές μικρότερες από των κριτηρίων PEL και TEL, εκτός από το σημείο δειγματοληψίας K4, βορειοανατολικά της λίμνης, στην περιοχή των καρστικών πηγών. Αντίθετα, οι συγκεντρώσεις Ni δεν ικανοποιούν τα κριτήρια ποιότητας ιζημάτων κατά MacDonald et al. (2000), καθώς σε όλες τις περιπτώσεις οι συγκεντρώσεις είναι μεγαλύτερες από τις τιμές PEL και TEL. Οι συγκεντρώσεις Pb σε όλες τις περιπτώσεις παίρνουν τιμές μικρότερες του κριτηρίου PEL, ωστόσο το κριτήριο TEL ικανοποιείται μόνο σε μία περίπτωση στις 30/03/2011 (σημείο δειγματοληψίας K2, νοτιοανατολικά της λίμνης). Από την διαχρονική μεταβολή των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων στην περιοχή του θυροφράγματος προκύπτει ότι οι συγκεντρώσεις εμφανίζουν μια μικρή τάση μείωσης (Εικόνα 94). Εξάίρεση αποτελεί το Mn, το οποίο εμφανίζεται σε πολύ αυξημένες συγκεντρώσεις, ιδιαίτερα στις 30/03/2011 (1234,8 μg/l).



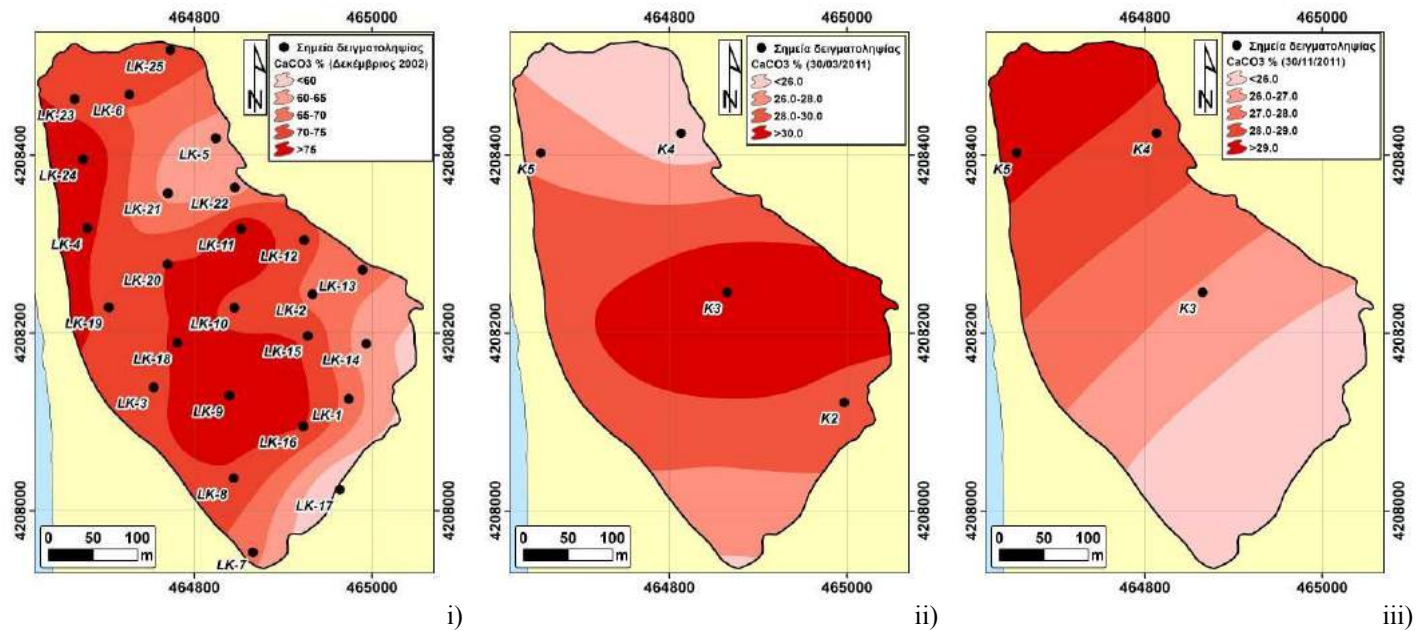
**Εικόνα 94:** Διαχρονική μεταβολή των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων των ιζημάτων στην περιοχή του θυροφράγματος της Λίμνης Κουμουνδούρου



Όσο αναφορά την κατανομή του οργανικού άνθρακα στο ίζημα προκύπτει ότι οι υψηλότερες συγκεντρώσεις συναντώνται στο βόρειο τμήμα της λίμνης Κουμουνδούρου (σημείο δειγματοληψίας K4 και K5), ενώ οι τιμές του είναι αρκετά υψηλές (μέσος όρος 9,7%). Οι τιμές αυτές εμφανίζονται μεγαλύτερες από τις τιμές προηγούμενης μελέτης που πραγματοποιήθηκε στην λίμνη Κουμουνδούρου (Ε.Κ.Θ.Ε., 2003), όπου η μέση τιμή του οργανικού άνθρακα υπολογίστηκε ίση με 4,68% (Εικόνα 95). Αυτή η αύξηση στον οργανικό άνθρακα σχετίζεται με μια αντίστοιχη αύξηση εισροής οργανικού υλικού στη λίμνη που προέρχεται είτε από ανεξέλεγκτη διάθεση αστικών λυμάτων ή και από την αυτόχθονη αύξηση της βιομάζας των οργανισμών της λίμνης. Αντίθετα, οι τιμές του ανθρακικού ασβεστίου είναι σημαντικά μικρότερες (μέση τιμή 28,2%) συγκριτικά με τις τιμές του 2003, όπου υπολογίστηκε μέση τιμή 71,0% (Ε.Κ.Θ.Ε., 2003, Εικόνα 96). Η σημαντική μείωση του ανθρακικού ασβεστίου οφείλεται πιθανά στην υψηλή συγκέντρωση της αμμωνίας κατά την συγκεκριμένη περίοδο που μπορεί να προκαλέσει την διάσπαση και κατακρήμνιση των ιόντων του  $\text{CaCO}_3$ .



Εικόνα 95: Χωρική κατανομή TOC στο ίζημα (πηγή δεδομένων χάρτη: i: Ε.Κ.Θ.Ε., 2003)



Εικόνα 96: Χωρική κατανομή  $\text{CaCO}_3$  στο ίζημα (πηγή δεδομένων χάρτη: i: Ε.Κ.Θ.Ε., 2003)

#### 5.4.5. Βαρέα μέταλλα στην χλωρίδα

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης έγιναν αναλύσεις προσδιορισμού της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων σε διάφορα δείγματα της χλωρίδας από τον πυθμένα της λίμνης, καθώς και από την παράχθια βλάστηση. Δείγματα λήφθηκαν από μακρόφυτα της λίμνης (*Chara*), ενώ κατά την δεύτερη δειγματοληψία λήφθηκαν δείγματα και από καλάμια (*Phragmites australis*) περιμετρικά αυτής.

Από τα αποτελέσματα αυτά προκύπτει ότι κατά την πρώτη δειγματοληψία (25/07/2011) οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις όλων των βαρέων μετάλλων εκτός από το Zn συναντώνται σε φυτά που συλλέχτηκαν από το νοτιοανατολικό τμήμα της λίμνης Κουμουνδούρου (σημεία δειγματοληψίας K1 και K2), ενώ κατά την δεύτερη δειγματοληψία (28/09/2011) οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις μετάλλων εκτός του Al συναντώνται στο βορειοδυτικό τμήμα της λίμνης, στην περιοχή του θυροφράγματος (σημείο δειγματοληψίας K5). Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων παρατηρούνται όπως είναι αναμενόμενο πλησίον των βασικών πηγών ή / και στις θέσεις που εντοπίζετε πιθανή ανεξέλεγκτη διάθεση βιομηχανικών αποβλήτων (θέσεις K1 και K2).

Παράλληλα, αρκετά αυξημένες είναι οι συγκεντρώσεις των περισσότερων βαρέων μετάλλων και στην παράχθια βλάστηση (καλάμια), πλησιάζοντας τις συγκεντρώσεις της υδρόβιας χλωρίδας (των

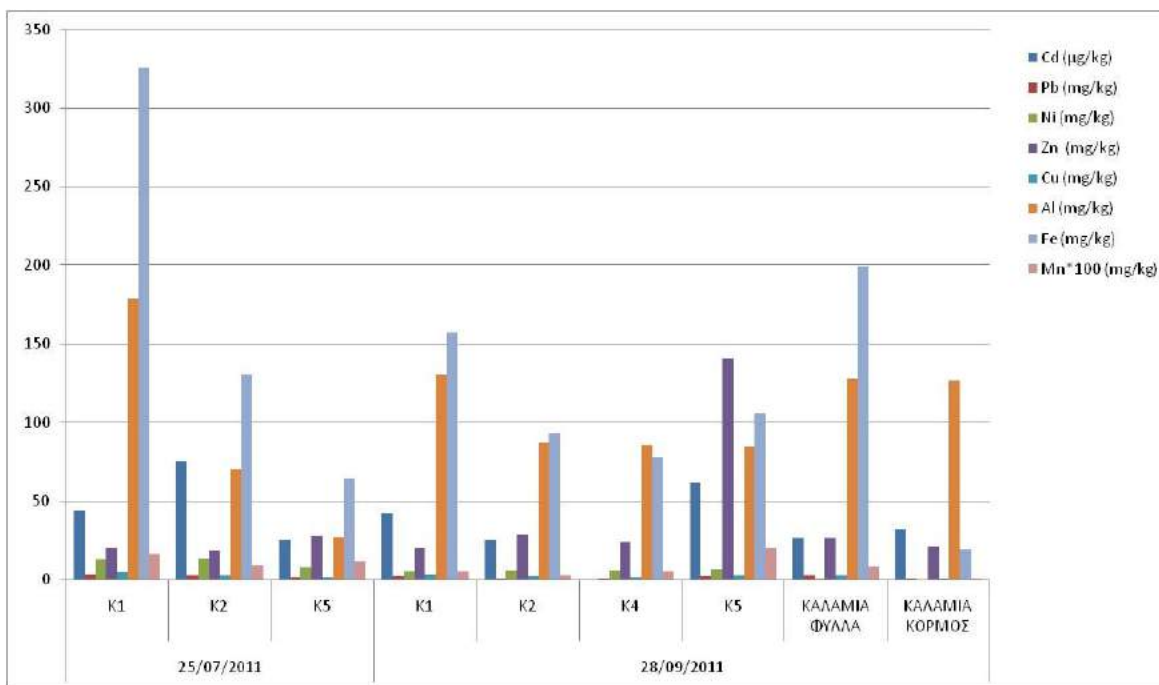
μακροφύτων) της λίμνης. Ιδιαίτερα στα φύλλα καλαμιάς, οι συγκεντρώσεις των περισσότερων μετάλλων (Pb, Cu, Al, Fe και Mn) είναι σχετικά υψηλές ενώ στον κορμό οι συγκεντρώσεις είναι σημαντικά χαμηλότερες. Εξαιρέση αποτελεί το Cd, όπου οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις συναντώνται στον κορμό των καλαμιών (Πίνακας 38, Εικόνα 97).

Οι ανωτέρω συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στα φυτά υποδεικνύουν σαφώς ότι υπάρχει διαχρονική επιβάρυνση στο σύστημα της λίμνης Κουμουνδούρου, με συνεπακόλουθο την βιοσυσσώρευση των προαναφερθέντων μετάλλων στα φυτά, που όμως είναι αισθητά μικρότερη σε σύγκριση με άλλα ιδιαίτερα επιβαρυνμένα υδάτινα συστήματα διεθνώς (Πίνακας 39, Peng et al. 2008).

Πιο συγκεκριμένα, συγκριτικά με τις συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων σε καλάμια διαφόρων λιμνών της Ελλάδας προκύπτει ότι στην λίμνη Κουμουνδούρου τα περισσότερα μέταλλα βρίσκονται σε σχετικά μικρές συγκεντρώσεις (Pb, Ni, Cu), ενώ αυξημένες εμφανίζονται κυρίως οι συγκεντρώσεις στο Cd, Al και Mn (Πίνακας 39). Ιδιαίτερα το Mn εμφανίζεται σε αυξημένες συγκεντρώσεις και στο νερό και στο ίζημα της λίμνης, κάτι που μπορεί να συνδεθεί με τις ανθρωπογενείς πιέσεις που δέχεται η περιοχή μελέτης (αστικά λύματα και απόβλητα, επεξεργασία και κατασκευή προϊόντων σιδήρου και νικελίου, κτλ).

**Πίνακας 38:** Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων βαρέων μετάλλων στα φυτά της λίμνης Κουμουνδούρου

Ημερομηνία δειγματοληψίας	Δείγμα	Cd	Pb	Ni	Zn	Cu	Al	Fe	Mn
		(μg/kg)	(μg/gr)						
25/07/2011	K1	43.69	3.80	13.20	20.09	4.94	179.12	325.77	1634.28
	K2	75.41	2.82	13.45	18.24	2.66	70.74	130.23	904.42
	K5	25.26	1.43	8.09	28.00	1.67	26.87	64.22	1186.57
28/09/2011	K1	42.26	1.98	5.61	20.17	3.40	130.56	157.23	541.88
	K2	25.36	1.16	5.96	28.63	2.05	86.74	93.28	283.19
	K4	<19.36	0.85	6.36	23.76	1.66	85.50	78.33	519.91
	K5	61.69	2.26	6.98	140.87	2.65	84.70	105.69	1977.37
	ΚΑΛΑΜΙΑ ΦΥΛΛΑ	26.34	3.04	0.33	26.35	2.54	127.74	199.39	874.85
ΚΑΛΑΜΙΑ ΚΟΡΜΟΣ	32.15	0.65	<0.166	20.99	0.64	126.70	19.75	40.87	
Στατιστικά στοιχεία	mean	41.52	2.00	7.50	36.35	2.47	102.08	130.43	884.81
	SD	18.53	1.08	4.26	39.37	1.22	43.96	90.12	629.67
	RSD (%)	44.64	53.80	56.85	108.33	49.34	43.07	69.09	71.16
	min	25.26	0.65	0.33	18.24	0.64	26.87	19.75	40.87
	max	75.41	3.80	13.45	140.87	4.94	179.12	325.77	1977.37
	median	37.20	1.98	6.67	23.76	2.54	86.74	105.69	874.85
	n	43.69	3.80	13.20	20.09	4.94	179.12	325.77	1634.28



Εικόνα 97: Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στην χλωρίδα της λίμνης Κουμουνδούρου

Πίνακας 39: Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στα καλάμια (*Phragmites australis*) σε διάφορες λίμνες της Ελλάδας βάση βιβλιογραφικών δεδομένων.

Λίμνη	Τμήμα φυτού	Ημερομηνία	Cd	Pb	Ni	Zn	Cu	Al	Fe	Mn
Κουμουνδούρου	Φύλλα	2011	26.34	3.04	0.33	26.35	2.54	127.74	199.39	874.85
Κερκίνη <sup>1</sup>	Ρίζα	Άνοιξη 1993	3.3	2.5	18.7	108.7	31.7	-	-	784.7
	Φλοιός ριζώματος		1.1	0.7	5.2	21.2	5.5	-	-	372.0
	Κέντρο ριζώματος		0.8	0.6	4.1	17.5	5.0	-	-	122.0
	Μίσχος		0.5	0.4	3.1	15.0	3.4	-	-	100.0
	Φύλλο		0.9	0.2	20.8	16.3	34.3	-	-	651.0
	Άνθος		0.6	0.2	15.0	14.0	29.0	-	-	95.0
Τριχωνίδα <sup>2</sup>	Ολόκληρο	Απρίλιος 1989	<0.01	-	<0.01	12.9	<0.01	25.21	142.59	76.9
		Ιούνιος 1989	0.62	-	<0.01	10.9	<0.01	28.65	145.22	78.3
		Αύγουστος 1989	1.63	-	2.15	95.1	19.83	45.15	432.18	138.9
		Σεπτέμβριος 1989	<0.01	-	1.3	26.4	4.13	46.45	280.65	195.6
		Δεκέμβριος 1989	<0.01	-	<0.01	15.6	11.06	58.79	236.25	315.0
Τριχωνίδα <sup>3</sup>	Ολόκληρο	Καλοκαίρι 2006	1.88±0.09	19.5±0.0	4.2±1.8	20.9±15.1	1.9±0.1	-	120±28	58±21
		Φθινόπωρο 2006	1.91±0.39	20.5±0.8	5.0±0.9	25.7±2.8	1.8±0.6	-	125±32	54±17
Λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου <sup>3</sup>	Ολόκληρο	Καλοκαίρι 2006	1.93±0.11	19.0±1.4	3.3±0.0	12.5±3.9	2.7±0.2	-	97±26	39±6
		Φθινόπωρο 2006	2.05±0.63	19.0±0.1	5.8±0.9	10.2±3.3	1.9±0.9	-	97±35	25±15

Λυσιμαχιά <sup>3</sup>	Ολόκληρο	Καλοκαίρι 2006	2.00±0.12	19.5±1.2	5.0±2.9	8.6±4.4	2.6±0.5	-	135±77	28±8
		Φθινόπωρο 2006	1.6±0.24	18.3±0.4	4.4±1.3	16.6±11.3	1.5±0.8	-	97±7	76±27
Φράγμα Καστρακίου <sup>3</sup>	Ολόκληρο	Καλοκαίρι 2006	1.35±0.05	14.4±1.2	3.9±1.2	10.3±6.3	1.9±0.5	-	192±151	66±47
		Φθινόπωρο 2006	1.58±0.16	18.0±0.9	5.8±0.5	11.0±2.0	2.5±0.5	-	242±92	99±32
Φράγμα Μαραθώνα <sup>3</sup>	Ολόκληρο	Καλοκαίρι 2006	1.80±0.67	22.5±4.5	3.3±2.6	34.9±5.5	3.6±0.3	-	191±22	40±11
		Φθινόπωρο 2006	1.95±0.27	17.5±0.6	6.1±5.8	40.2±3.0	4.9±0.5	-	299±346	46±30

<sup>1</sup> Sawidis T., Chettri M.K., Zachariadis G.A., Stratis J.A., *Heavy Metals in Aquatic Plants and Sediments from Water Systems in Macedonia, Greece*, Ecotoxicology and Environmental Safety, Volume 32, Issue 1, October 1995, Pages 73-80

<sup>2</sup> Nikolaidis N.P., Koussouris T., Murray T.E., Bertahas I., Diapoulis A., Gritzalis K., *Seasonal Variation of Nutrients and Heavy Metals in Phragmites australis of Lake Trichonis, Greece*, Lake and Reservoir Management, Volume 12, Issue 3, 1996

<sup>3</sup> Obolewska K., SkorbiŁowicz E., SkorbiŁowicz M., Glińska-Lewczuk K., Asteld A., Strzelczake A., *The effect of metals accumulated in reed (Phragmites australis) on the structure of periphyton*, Ecotoxicology and Environmental Safety, Volume 74, Issue 4, May 2011, Pages 558-568

#### 5.4.6. Βαρέα μέταλλα στα ψάρια

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης πραγματοποιήθηκε προσδιορισμός της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων σε δείγματα ψαριών στα πλαίσια δύο δειγματοληψιών 25/07/2011 και 30/11/2011. Στην πρώτη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε ανίχνευση μετάλλων σε δώδεκα (12) δείγματα ψαριών (4 Aphanis και 8 Gambusia) και στη δεύτερη σε τέσσερα (4) δείγματα, ενώ η ανίχνευση πραγματοποιήθηκε τόσο στην ξηρή όσο και στην νωπή μάζα (Πίνακας 40). Αναφέρεται ακόμα ότι η ανίχνευση της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων πραγματοποιήθηκε σε ολόκληρη την μάζα των δειγμάτων.

**Πίνακας 40:** Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων βαρέων μετάλλων στα ψάρια της λίμνης Κουμουνδούρου (25/07/2011)

ΜΕΤΑΛΛΑ ΩΣ ΠΡΟΣ ΞΗΡΗ ΜΑΖΑ											
Ημερο- μηνία	Δείγμα	Ξηρή Μάζα	Cd	Pb	Ni	Zn	Cu	Al	Fe	Mn	Hg
		gr	µg/kg	µg/gr							
25/7/2011	Aphanis 1	0.181	51.14	30.118	0.295	148.77	5.57	59.73	158.18	41.10	3.423
	Aphanis 2	0.085	<20,52	1.265	<0,176	116.37	13.40	42.45	130.17	77.41	1.606
	Gambusia 1	0.135	21.63	7.809	0.205	196.17	3.97	46.81	152.92	45.39	2.788
	Gambusia 2	0.225	<20,52	0.825	<0,176	203.06	7.62	75.93	130.31	43.26	2.663
	Gambusia 3	0.107	59.05	7.993	0.856	184.80	4.49	156.57	273.50	39.24	3.445
	Gambusia 4	0.105	125.90	12.605	1.400	191.23	5.63	114.29	315.07	49.15	3.077
	Aphanis 3	0.046	<20,52	4.120	1.917	89.67	3.97	<6,66	163.98	37.40	1.127
	Aphanis 4	0.065	<20,52	3.758	1.009	168.36	5.74	<6,66	119.18	44.98	1.434
	Gambusia 5	0.174	22.88	2.981	0.565	167.61	5.29	<6,66	152.94	43.26	0.822
	Gambusia 6	0.077	<20,52	0.652	1.058	241.93	8.92	<6,66	239.29	51.89	3.571

	Gambusia 7	0.245	31.97	0.382	0.478	203.79	2.80	<6,66	158.74	42.18	0.646
	Gambusia 8	0.063	82.61	5.294	2.708	174.73	2.77	<6,66	168.48	35.27	2.641
30/11/2011	A	0.270	62.07	0.430	0.277	350.82	11.96	-	270.04	31.88	8.560
	B	0.182	51.78	0.885	0.316	0.00	13.62	-	219.05	30.07	8.234
	Γ	0.223	31.13	0.388	0.257	297.01	16.56	-	145.91	30.84	9.683
	Δ	0.267	23.26	0.406	0.340	382.21	12.88	-	143.75	31.33	6.218
Στατιστικά στοιχεία	mean	0.153	41.63	4.99	0.752	194.78	7.82	44.65	183.84	42.17	3.75
	SD	0.077	29.68	7.59	0.725	93.63	4.45	49.77	59.89	11.50	2.87
	RSD (%)	50.608	71.31	151.95	96.400	48.07	56.88	111.48	32.58	27.27	76.63
	min	0.046	20.52	0.38	0.176	0.00	2.77	6.66	119.18	30.07	0.65
	max	0.270	125.90	30.12	2.708	382.21	16.56	156.57	315.07	77.41	9.68
	median	0.154	27.20	2.12	0.409	188.02	5.68	24.56	158.46	41.64	2.93
	n	16	16	16	16	16	16	12	16	16	16
<b>ΜΕΤΑΛΛΑ ΩΣ ΠΡΟΣ ΝΩΠΗ ΜΑΖΑ</b>											
Ημερο- μηνία	Δείγμα	Ξηρή Μάζα	Cd	Pb	Ni	Zn	Cu	Al	Fe	Mn	Hg
		gr	µg/kg	µg/gr							
25/7/2011	Aphanius 1	0.7673	10.56	10.962	0.070	27.33	0.732	14.075	32.919	7.04	0.687
	Aphanius 2	0.3599	<4,57	0.461	<0,039	21.38	1.763	10.003	27.091	13.25	0.323
	Gambusia 1	0.5713	<4,57	2.842	0.048	36.04	0.523	11.028	31.825	7.77	0.560
	Gambusia 2	0.9558	<4,57	0.300	<0,039	37.31	1.003	17.891	27.120	7.41	0.535
	Gambusia 3	0.4554	12.19	2.909	0.202	33.95	0.591	36.892	56.918	6.72	0.692
	Gambusia 4	0.4456	25.99	4.588	0.330	35.13	0.741	26.928	65.571	8.42	0.618
	Aphanius 3	0.1878	<4,57	2.129	0.698	21.66	1.035	<1,48	29.233	8.79	0.180
	Aphanius 4	0.2331	<4,57	2.269	0.421	46.56	1.710	<1,48	24.324	12.10	0.185
	Gambusia 5	0.7012	4.66	1.666	0.210	41.43	1.408	<1,48	27.895	10.40	0.035
	Gambusia 6	0.3575	<4,57	0.224	0.339	51.51	2.048	<1,48	37.594	10.74	0.300
	Gambusia 7	1.0112	6.35	0.179	0.173	49.09	0.728	<1,48	28.214	9.88	0.019
	Gambusia 8	0.2665	16.10	2.780	0.965	41.29	0.705	<1,48	29.381	8.11	0.297
30/11/2011	A	1.2527	10.99	0.187	0.090	75.34	2.768	-	42.796	6.66	0.205
	B	0.8572	8.99	0.393	0.100	0.00	3.092	-	34.053	6.16	0.288
	Γ	1.0295	5.54	0.161	0.084	64.07	3.850	-	23.225	6.47	0.282
	Δ	1.1697	<4,57	0.184	0.117	86.87	3.156	-	24.109	6.92	0.160
Στατιστικά στοιχεία	mean	0.664	8.33	2.01	0.245	41.81	1.62	10.47	33.89	8.55	0.340
	SD	0.351	5.91	2.75	0.261	21.23	1.07	11.76	11.93	2.14	0.220
	RSD (%)	52.868	70.89	136.62	106.33	50.78	66.37	112.31	35.20	25.04	65.05
	min	0.188	4.57	0.16	0.039	0.00	0.52	1.48	23.22	6.16	0.020
	max	1.253	25.99	10.96	0.965	86.87	3.85	36.89	65.57	13.25	0.690
	median	0.636	5.10	1.06	0.145	39.30	1.22	5.74	29.31	7.94	0.290
	n	16	16	16	16	16	16	12	16	16	16

Με βάση τα αποτελέσματα των αναλύσεων προκύπτει ότι κάποια μέταλλα συναντώνται σε ιδιαίτερα αυξημένες τιμές, ενώ γενικά οι συγκεντρώσεις στην ξηρή μάζα ακολουθούν την σειρά  $Zn > Fe > Al > Mn > Cu > Pb > Hg > Ni > Cd$ , ενώ στην υγρή μάζα ακολουθούν την σειρά  $Zn > Fe > Al > Mn > Pb > Cu > Hg > Ni > Cd$ .

Οι συγκεντρώσεις των ανωτέρω βαρέων μετάλλων που παρατηρήθηκαν στη σάρκα των ψαριών είναι σχετικά υψηλές ως προς το Pb, Cd και το Cu, σε σύγκριση με αντίστοιχα ευρήματα σε επιβαρυνμένα υδάτινα συστήματα. Αντίθετα, οι συγκεντρώσεις Ni στην λίμνη Κουμουνδούρου είναι μικρότερες από αυτές αντίστοιχων υδάτινων συστημάτων, ενώ οι συγκεντρώσεις Zn και Fe βρίσκονται στα ίδια περίπου επίπεδα (Πίνακας 41).

**Πίνακας 41:** Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων σε ψάρια διαφόρων υδάτινων συστημάτων βάση βιβλιογραφικών δεδομένων

Υδάτινο σύστημα	Χώρα	Είδος ψαριού	Τμήμα ψαριού	Μονάδες	Cd	Pb	Ni	Zn	Cu	Fe	Cr
Κουμουνδούρου	Ελλάς	Gambusia	Ολόκληρο	μg/gr dw	41630	4.99	0.752	194.78	7.82	183.84	-
Ποταμός Babol-Rood <sup>1</sup>	Ιράν	Gambusia affinis (κουνουπόγαρο)	Ιστός	μg/g dw	1.32	1.68	0.85	-	-	-	0.88
Λιμνοθάλασσα Lesina <sup>2</sup>	Ιταλία	Anguilla anguilla (χέλι)	Μυς	μg/g ww	0.03	-	-	20.20	0.58	-	-
Λιμνοθάλασσα Varano <sup>3</sup>	Ιταλία	Anguilla anguilla (χέλι)	Μυς	μg/g ww	0.07	0.04	-	46.90	0.45	-	-
			Συκώτι		0.10	0.05	-	132.30	43.80	-	-
Λιμνοθάλασσα Tuzla <sup>4</sup>	Τουρκία	Mugil cephalus (κέφαλος)	Μυς	μg/g dw	0.09	0.92	-	39.61	0.53	9.02	-
			Συκώτι		0.19	2.36	-	77.40	7.51	258.80	-
			Βράγχια		1.09	4.65	-	43.40	5.11	241.40	-
Εργαστηριακές συνθήκες <sup>5</sup>	Ινδία	Cyprinus carpio (Κυπρίνος)	Βράγχια	μg/g dw	1.883 ±0.015	1.400 ±0.020	1.043 ±0.021	-	-	-	0.790 ±0.026
			Συκώτι		1.693 ±0.015	2.000 ±0.017	0.973 ±0.021	-	-	-	0.863 ±0.015
			Νεφρά		1.166 ±0.015	1.900 ±0.020	0.790 ±0.010	-	-	-	0.943 ±0.021
			Σάρκα		0.646 ±0.025	1.460 ±0.036	0.633 ±0.015	-	-	-	1.083 ±0.021
Φράγμα Anzai <sup>6</sup>	Τουρκία	Cyprinus carpio (Κυπρίνος)	Βράγχια	μg/g ww	0.15 ±0.014	3.11 ±2.50	3.52 ±3.33	-	3.94 ±0.87	203.7 ±106.9	0.61 ±0.73
			Συκώτι		0.79 ±0.33	3.42 ±3.23	7.0 ±1.94	-	9.73 ±4.03	94.27 ±54.85	0.83 ±0.53
			Μυς		0.17 ±0.07	2.14 ±2.09	1.27 ±1.18	-	3.85 ±2.18	16.55 ±6.99	1.18 ±0.73
			Στομάχι		0.15 ±0.020	3.61 ±0.37	3.23 ±3.04	-	5.80 ±3.86	396.9 ±128.2	1.77 ±1.16
			Καρδιά		0.49 ±0.34	1.62 ±1.03	3.99 ±3.82	-	12.0 ±5.92	118.05 ±34.19	1.27 ±0.38
Λίμνη Κορώνια <sup>7</sup>	Ελλάδα	Perca fluviatilis (Πέρκα)	Ολόκληρο	μg/g dw	0.71 ±0.20	8.99 ±2.53	-	108.69 ±20.69	4.05 ±1.93	59.46 ±3.07	0.14 ±0.11

Λίμνη Βεγορίτιδα <sup>7</sup>	Ελλάδα	Διάφορα είδη	Μυς	μg/g dw	-	-	-	14.2-61.2	0.7-3.6	-	-
			Βράγχια	μg/g dw	-	-	-	58.15-534.9	2.59-15.45	-	-
			Σπερματικός αδένας	μg/g dw	-	-	-	46.58-620.9	5.66-15.01	-	-
Σαρωνικός κόλπος <sup>7</sup>	Ελλάδα	Mullus barbatus (κουτσουμούρα)	Μυς	μg/g ww	0.063-0.084	-	-	11.9-13.7	-	17.4-32.0	0.11-0.53

μg/g dw: μg/g ως προς ξηρή μάζα

μg/g ww: μg/g ως προς νωπή μάζα

<sup>1</sup> Jelodar H.T. & Colagar A. H., Comparative some metal in female and male of mosquitofish populations (*Gambusia affinis*), International Journal of Current Research, Vol. 3, Issue, 10, pp.023-025, September, 2011.

<sup>2</sup> Storelli M.M., Barone G., Garofalo R., Marcotrigiano G.O., *Metals and organochlorine compounds in eel (Anguilla anguilla) from the Lesina lagoon, Adriatic Sea (Italy)*, Food Chemistry 100, 1337-1341, 2007.

<sup>3</sup> Renzi M., Specchiulli A., Baroni D., Scirocco T., Cilenti L., Focardi S., Breber P., Focardi S., *Trace elements in sediments and bioaccumulation in European silver eels (Anguilla anguilla L.) from a Mediterranean lagoon (SE Italy)*, International Journal of Environmental Analytical Chemistry, 92:6, 676-697, 2011.

<sup>4</sup> Durala M., Göksub M., Özakb A., *Investigation of heavymetal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon*, Food Chemistry, Volume 102, Issue 1, Pages 415-421, 2007.

<sup>5</sup> Vinodhini R. & Narayanan M., *Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish Cyprinus carpio (Common carp)*, Int. J. Environ. Sci. Tech., 5 (2), 179-182, 2008.

<sup>6</sup> Ozturk M., Ozozen G., Minareci O., Minareci E., *Determination of heavy metals in fish, water and sediments of Avsar dam Lake in Trukey, Iran* J. Environ. Health Sci. Eng., 6: 73-80, 2009.

<sup>7</sup> Bobori D.C., Economidis P.S., *The effect of size, sex and season on the accumulation of heavy metals in perch (perca fluviatilis L., pisces: Cyprinidae) in lake Koronia (Macedonia, Greece)*, Toxicological & Environmental Chemistry, 57:1-4, 103-121, 1996.

#### 5.4.7. Βιοσυσσώρευση βαρέων μετάλλων στα ψάρια

Η συσσώρευση ρύπων στους υδρόβιους οργανισμούς περιγράφεται μέσω του συντελεστή βιοσυσσώρευσης BCF (bioaccumulation factor). Ως βιοσυσσώρευση (bioaccumulation) ορίζεται η ικανότητα των οργανισμών να συσσωρεύουν στοιχεία σε συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις αντίστοιχες μέσες τιμές που παρουσιάζουν τα είδη αυτά σε καθαρό (χωρίς ρύπανση) περιβάλλον (Mejstrik & Lepson, 1993) και ορίζεται από την σχέση:

$$BCF = C_{org}/C$$

$C_{org}$ : η συγκέντρωση του ρύπου στον οργανισμό (σε μg/kg οργανικού ιστού)

C: η συγκέντρωση του ρύπου στο περιβάλλον - νερό, φυτά ή ίζημα (σε μg/l ή μg/kg)

Με βάση τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών προκύπτει ότι ο συντελεστής βιοσυσσώρευσης ψαριών - νερού είναι πολύ μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο ψαριών - φυτών και ψαριών - ιζημάτων, κάτι που είναι αναμενόμενο αφού η βασική πηγή βαρέων μετάλλων στα ψάρια είναι το νερό, ενώ παρόμοιες τιμές παρατηρούνται σε πολλά αντίστοιχα επιβαρυμένα συστήματα (Rached, 2001, Πίνακας 42). Γενικά, τιμές μεγαλύτερες από 1 υποδηλώνουν ότι λαμβάνουν χώρα φαινόμενα βιοσυσσώρευσης και συνεπώς στην περίπτωση του συστήματος ψαριών-νερού παρουσιάζονται πολύ



υψηλές τιμές του ανωτέρω δείκτη για όλες τις παραμέτρους (ιδιαίτερα όμως για Cd, Pd, Zn, Fe και Mn). Παρόλα αυτά, για να μελετηθούν επαρκώς τα φαινόμενα βιοσυσσώρευσης βαρέων μετάλλων σε οργανισμούς της λίμνης θα έπρεπε να γίνει μια πιο εμπειριστατωμένη μελέτη με μεγαλύτερο αριθμό δειγμάτων και επαναληψιμότητα.

**Πίνακας 42:** Συντελεστής βιοσυσσώρευσης με βάση τις μέσες τιμές των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων στο νερό, τα φυτά και τα ψάρια

25/07/2011	Νερό	Cd (µg/l)	Pb (mg/l)	Ni (mg/l)	Zn (mg/l)	Cu (mg/l)	Al (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	Hg (mg/l)
		0.048	0.002	0.006	0.029	0.009	0.443	0.002	0.022	0.140
	Φυτά	Cd (µg/kg)	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Al (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Hg (mg/l)
		48.12	2.69	11.58	22.11	3.09	92.24	173.41	1241.75	-
	Ψάρια	Cd (µg/kg)	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Al (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Hg (mg/l)
		49.79	10.10	0.52	173.40	6.78	82.63	193.36	49.26	2.27
<b>BCF<sub>w</sub></b>	<b>1039.9</b>	<b>6540.0</b>	<b>84.7</b>	<b>5928.9</b>	<b>775.1</b>	<b>186.7</b>	<b>107240.0</b>	<b>2191.4</b>	<b>16.2</b>	
<b>BCF<sub>pl</sub></b>	<b>1.03</b>	<b>3.76</b>	<b>0.04</b>	<b>7.84</b>	<b>2.20</b>	<b>0.90</b>	<b>1.12</b>	<b>0.04</b>	<b>-</b>	
30/11/2011	Νερό	Cd (µg/l)	Pb (mg/l)	Ni (mg/l)	Zn (mg/l)	Cu (mg/l)	Al (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	Hg (mg/l)
		0.020	0.0002	0.002	0.005	0.0003	0.018	0.001	0.005	0.0002
	Ϊζημα	Cd (µg/kg)	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Al (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Hg (mg/l)
		306.64	27.26	51.79	79.33	28.21	-	-	158.80	52.14
	Ψάρια	Cd (µg/kg)	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Al (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	
		42.06	0.53	0.30	257.51	13.75	-	194.69	31.03	8.17
<b>BCF<sub>w</sub></b>	<b>2085.8</b>	<b>3408.8</b>	<b>139.4</b>	<b>55223.0</b>	<b>44840.4</b>	<b>-</b>	<b>204907.3</b>	<b>6414.5</b>	<b>38910.2</b>	
<b>BCF<sub>sed</sub></b>	<b>0.137</b>	<b>0.019</b>	<b>0.006</b>	<b>3.246</b>	<b>0.488</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.195</b>	<b>0.157</b>	

BCF<sub>w</sub>: Συντελεστής βιοσυσσώρευσης ψαριών - νερού

BCF<sub>pl</sub>: Συντελεστής βιοσυσσώρευσης ψαριών - φυτών

BCF<sub>sed</sub>: Συντελεστής βιοσυσσώρευσης ψαριών - ιζήματος

## 5.5. Φυτοπλαγκτόν

### 5.5.1. Γενικά

Οι μικροσκοπικοί οργανισμοί που λειτουργούν ως φυτά (κυανοβακτήρια και μικροφύκη) και έχουν προσαρμοστεί να ζουν σε αιώρηση στο νερό στις λίμνες και στις θάλασσες ενώ υπόκεινται σε παθητική μετακίνηση με τον άνεμο και τα ρεύματα, αποτελούν το φυτοπλαγκτό. Το μέγεθος των φυτοπλαγκτικών οργανισμών κυμαίνεται συνήθως από 0,2 έως 200 μm. Μερικές φορές οι αποικίες των οργανισμών αυτών ξεπερνούν το ένα χιλιοστό και γίνονται ορατές με γυμνό μάτι, όταν συσσωρεύονται στο νερό. Οι οργανισμοί αυτοί είναι μονοκύτταροι και έχουν πολύ μικρό χρόνο γενεάς που κυμαίνεται από μερικές ώρες έως λίγες ημέρες.

Η εποχική εμφάνιση, η πληθυσμιακή αύξηση και η αλλαγή των επικρατούντων οργανισμών στο φυτοπλαγκτό μιας λίμνης εξαρτώνται από ποικίλες αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις διακυμάνσεις των περιβαλλοντικών παραγόντων και στις αποκρίσεις των ειδών. Μια ομάδα παραγόντων, οι οποίοι σχετίζονται με τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των οργανισμών, τις προτιμήσεις τους σε θρεπτικά, την ταχύτητα πρόσληψης των θρεπτικών στοιχείων, την αντίσταση στις απώλειες (από φυσικές διαταραχές και βιολογικό έλεγχο) και την κίνησή τους (καθένα από τα οποία επηρεάζεται από μορφολογικά γνωρίσματα), δρουν επιλεκτικά στα πιο ανταγωνιστικά είδη. Τοποθετώντας τους περιβαλλοντικούς αυτούς παράγοντες σε φθίνουσα τάξη σημαντικότητας ως προς τη δράση τους και την απόκριση των ειδών, πρώτοι έρχονται οι φυσικοί παράγοντες (όπως η θερμοκρασία, η ανάμειξη του νερού, ο χρόνος παραμονής του νερού και οι συνθήκες του φωτός μέσα στο νερό). Ακολουθούν οι χημικοί παράγοντες (όπως το περιβάλλον των ιόντων, η διαθεσιμότητα των θρεπτικών και οι σχετικές διαβαθμίσεις τους) και τέλος οι βιοτικοί παράγοντες (όπως η βόσκηση από το ζωοπλαγκτό και ο παρασιτισμός).

### 5.5.2. Το φυτοπλαγκτόν στην Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά (2000/60/EK)

Το φυτοπλαγκτό είναι η πρώτη βιοκοινότητα (βιολογικό στοιχείο στην Οδηγία) που αποκρίνεται στις πιέσεις λόγω ευτροφισμού και φυσικών διαταραχών. Η χρήση των ειδών ή ανώτερων ταξινομικών μονάδων φυτοπλαγκτού για την εκτίμηση της ποιότητας του νερού έχει μεγάλη ιστορία τα τελευταία πενήντα χρόνια. Όμως υπάρχουν ακόμη δυσκολίες στις γενικεύσεις και αυτό συνδέεται με τη δυναμική της διαδοχής του φυτοπλαγκτού. Σήμερα αναγνωρίζουμε ότι η σύγχρονη ανάπτυξη της οικολογίας

φυτοπλαγκτού και οι απαιτήσεις της Οδηγίας επικαλύπτονται καθόσον η Οδηγία απαιτεί λειτουργική ομαδοποίηση των οργανισμών τέτοια που να αντιστοιχεί στην οικολογική κατάσταση και να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμησή της.

Σύμφωνα με το Παράρτημα V της Οδηγίας τα χαρακτηριστικά του ποιοτικού στοιχείου του φυτοπλαγκτού που θα πρέπει να είναι γνωστά για κάθε υδάτινο σώμα για την εκτίμηση της οικολογικής του κατάστασης είναι: η σύνθεση των ειδών και ομάδων, η αφθονία και ο βιοόγκος του φυτοπλαγκτού και τέλος η συχνότητα, διάρκεια και ένταση των ανθίσεων φυτοπλαγκτού. Στα κείμενα των ομάδων εργασίας (για συνθήκες αναφοράς, διαβαθμονόμηση και ταξινόμηση) η υποβάθμιση της οικολογικής κατάστασης συνδέεται με αύξηση της αφθονίας φυτοπλαγκτού, με αύξηση της ποσοστιαίας συμμετοχής των κυανοβακτηρίων στο συνολικό βιοόγκο φυτοπλαγκτού καθώς και με συχνότερες και εντονότερες ανθίσεις φυτοπλαγκτού. Η κρίσιμη οικολογική κατάσταση της κατηγορίας «μέτρια» προσδιορίζεται σύμφωνα με την Οδηγία ως ακολούθως "... Διαρκείς ανθίσεις φυτοπλαγκτού μπορεί να παρατηρηθούν κατά τους θερινούς μήνες".

### **5.5.3. Μεθοδολογία**

#### **5.5.3.1 Συχνότητα δειγματοληψιών**

Με βάση το χρόνο γενεάς των φυτοπλαγκτικών οργανισμών η κατάλληλη συχνότητα δειγματοληψίας για την παρακολούθηση των χρονικών μεταβολών του φυτοπλαγκτού είναι η εβδομαδιαία (διπλάσια του μέσου χρόνου γενεάς). Μια τέτοια συχνότητα βέβαια σημαίνει 52 δειγματοληψίες ετησίως και ως εκ τούτου δεν είναι εφικτή αυτή η παρακολούθηση. Για το λόγο αυτό απαραίτητη είναι η λήψη αντιπροσωπευτικών δειγμάτων φυτοπλαγκτού τουλάχιστον την περίοδο της έντονης αύξησης και συχνών φαινομένων άνθισης φυτοπλαγκτού που παρατηρούνται την περίοδο καλοκαίρι-φθινόπωρο. Σύμφωνα με την Οδηγία η συχνότητα των δειγματοληψιών θα μπορούσε να είναι και εποχική ή δύο φορές το χρόνο, ενώ σύμφωνα με την άσκηση διαβαθμονόμησης για τις Μεσογειακές φραγμαλίμνες αρκούν 2-4 δειγματοληψίες στην περίοδο Ιούνιος - Σεπτέμβριος.

Οι οικολογικές ομάδες φυτοπλαγκτού που χαρακτηρίζουν μία λίμνη παρατηρούνται στα τελευταία στάδια διαδοχής του φυτοπλαγκτού (καλοκαίρι - φθινόπωρο). Η φάση του τελευταίου σταδίου διαδοχής του φυτοπλαγκτού, παρουσιάζει την πολυπλοκότητα της κοινωνίας με την ωρίμανση της στη διάρκεια του έτους αρκεί οι φυσικές διαταραχές να μην αποτρέψουν την πορεία της διαδοχής. Είναι η

φάση που προκύπτει από την αυτογενή ακολουθία αλλαγής στην επικράτηση του φυτοπλαγκτού στα προηγούμενα στάδια διαδοχής και εμπεριέχει τη μεγαλύτερη και πληρέστερη πληροφορία. Ως εκ τούτου προκύπτει ότι η περίοδος δειγματοληψίας πρέπει να καλύπτει το χρονικό διάστημα καλοκαίρι-φθινόπωρο, αν και μπορεί ακόμη και μία δειγματοληψία μέσα σε αυτό το χρονικό διάστημα να μας δώσει την καλύτερη δυνατή εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης της λίμνης.

Η παρακολούθηση της φυτοπλαγκτικής κοινωνίας στη Λίμνη Κουμουνδούρου ξεκίνησε το Φεβρουάριο του 2011. Πραγματοποιήθηκαν 3 δειγματοληψίες ακόμη τον Απρίλιο, τον Σεπτέμβριο και τον Νοέμβριο του 2011. Η θερμή περίοδος θεωρείται το κατάλληλο "παράθυρο" χρόνου για την εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης της λίμνης με βάση το φυτοπλαγκτό.

#### **5.5.3.2 Μικροσκοπική ανάλυση του φυτοπλαγκτού**

Για τη μικροσκοπική ανάλυση του φυτοπλαγκτού, υπο-δείγματα νερού τοποθετήθηκαν σε θαλάμους καθίζησης (κυλινδρικοί θάλαμοι με βάση διαφανή διαμέτρου 26 mm και πάχος <0,2 mm και με ύψος μεταβαλλόμενο ανάλογα με τη χωρητικότητα) μεγάλης ακριβείας όσον αφορά τον όγκο του δείγματος που περιέχουν. Χρησιμοποιήθηκαν θάλαμοι καθίζησης 10 και 25 mL του οίκου Hydrobios για την καταμέτρηση στο ανάστροφο μικροσκόπιο.

#### **- Σύνθεση ειδών**

Η σύνθεση των ειδών προκύπτει μετά από την ολοκλήρωση μιας χρονοβόρας και εξειδικευμένης ερευνητικής προσπάθειας αναγνώρισης των ειδών με τη μικροσκοπική ανάλυση του φυτοπλαγκτού και τη χρήση κατάλληλων συγγραμμάτων και εργασιών ταξινομικού χαρακτήρα. Η ταξινομική ανάλυση των δειγμάτων θα είναι η υψηλότερη δυνατή αφού θα πραγματοποιηθεί σε επίπεδο είδους με βάση τις κατάλληλες ταξινομικές κλείδες σε ερευνητικό ανάστροφο μικροσκόπιο Nikon TE2000-S. Η αναγνώριση πρέπει να γίνει σε ζωντανό υλικό ενώ η παρατήρηση σε υλικό στερεωμένο με διάλυμα Lugol είχε προκαταρκτικό/συμπληρωματικό χαρακτήρα. Για την ασφαλέστερη αναγνώριση των ειδών είναι απαραίτητη η χρήση τεχνικής αντίθεσης φάσης καθώς και της μικροσκοπίας φθορισμού σε ζωντανό υλικό, το οποίο κρίνεται απαραίτητο για τα επόμενα δείγματα. Η φωτογράφιση των οργανισμών έγινε στο ερευνητικό ανάστροφο μικροσκόπιο Nikon TE2000-S με κάμερα Nikon DS-L1.

### - Αφθονία

Για τη μέτρηση της αφθονίας φυτοπλαγκτού ακολουθήθηκε η κλασική μεθοδολογία του ανάστροφου μικροσκοπίου (Utermöhl 1958) με τροποποιήσεις βελτίωσης. Η μέθοδος αυτή έχει προταθεί και εφαρμοστεί από την ομάδα διαβαθμονόμησης. Η μέθοδος αφορά στην καταμέτρηση των φυτοπλαγκτικών ατόμων (κύτταρο, κοινόβιο, αποικία, νήμα). Στη συγκεκριμένη περίπτωση για τη στατιστικά αποδεκτή εκτίμηση της πληθυσμιακής πυκνότητας των πλαγκτικών ειδών στο δείγμα, καταμετρήθηκαν 100 τουλάχιστον άτομα από τα πιο άφθονα είδη και συνολικά τουλάχιστον 400 άτομα (με μέγιστο σφάλμα μέτρησης <20% για το κάθε είδος και <10% για τη συνολική αφθονία).

### - Βιομάζα-Βιοόγκος

Για τη μετατροπή της πληθυσμιακής πυκνότητας (αφθονίας) των ειδών φυτοπλαγκτού σε βιοόγκο υπολογίζονται οι μέσοι κυτταρικοί όγκοι των οργανισμών μετά από μετρήσεις των διαστάσεων των κυττάρων τους. Η μέτρηση των διαστάσεων πραγματοποιείται στο ερευνητικό ανάστροφο μικροσκόπιο Nikon TE2000-S με τη βοήθεια της κάμερας Nikon DS-L1 και μετά από βαθμονόμηση με μικρομετρική κλίμακα ακρίβειας. Για τον υπολογισμό των κυτταρικών όγκων χρησιμοποιούνται κατάλληλοι γεωμετρικοί τύποι.

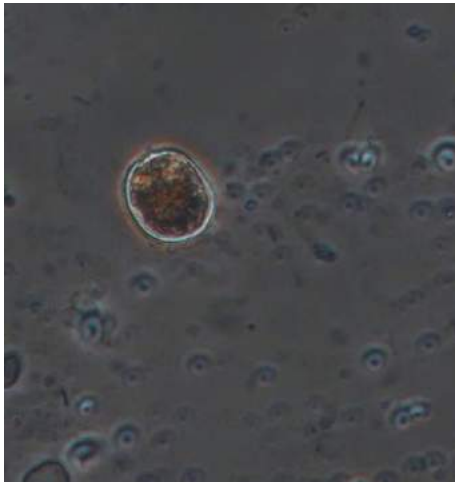
#### 5.5.4. Αποτελέσματα

Από την εξέταση των συντηρημένων δειγμάτων φυτοπλαγκτού που συλλέχθηκαν από τους διαφορετικούς σταθμούς στη Λίμνη Κουμουνδούρου, κατά τους μήνες Φεβρουάριο, Απρίλιο, Σεπτέμβριο και Νοέμβριο του 2011 διαπιστώθηκε η παρουσία φυτοπλαγκτικών οργανισμών που ανήκουν σε 21 γένη και στις ομάδες των κυανοβακτηρίων, των διατόμων, των χλωροφυκών, των ευγληνοφυκών και των δινοφυκών (Πίνακας 43).

Στο φυτοπλαγκτό της λίμνης καταγράφηκαν είδη τα οποία είναι τυπικά σε υδάτινα συστήματα με πολύ χαμηλή αλατοτητα (< 1‰) (π.χ. *Cryptomonas*, *Cosmarium*, *Monoraphidium* κ.α.) αλλά και είδη τα οποία απαντώνται σε υφάλμυρα και θαλάσσια συστήματα (π.χ. *Amphidinium*, *Chaetocheros*, *Prorocentrum* κ.α.). Ανάμεσα στους οργανισμούς που καταγράφηκαν, υπήρχαν γνωστά τοξικά είδη τα οποία συχνά ευθύνονται για το σχηματισμό επιβλαβών ανθίσεων στα συστήματα στα οποία απαντώνται, όπως κυανοβακτήρια του γένους *Microcystis* και τα δινοφύκη *Prorocentrum minimum* (Εικόνα 98, i) και *Gymnodinium cf. sanguineum* (Εικόνα 98, ii).

**Πίνακας 43:** Ομάδες και γένη φυτοπλαγκτού που αναγνωρίστηκαν στη λίμνη Κουμουνδούρου κατά την περίοδο έρευνας

ΟΜΑΔΕΣ ΦΥΤΟΠΛΑΓΚΤΟΥ	ΓΕΝΗ
ΚΥΑΝΟΒΑΚΤΗΡΙΑ	<i>Anabaena</i>
	<i>Aphanocapsa</i>
	<i>Aphanothece</i>
	<i>Chroococcus</i>
	<i>Merismopedia</i>
	<i>Microcystis</i>
	<i>Planktothrix</i>
ΔΙΑΤΟΜΑ	<i>Amphiprora</i>
	<i>Chaetocheros</i>
	<i>Cyclotella</i>
	<i>Navicula</i>
	<i>Nitzschia</i>
ΔΙΝΟΦΥΚΗ	<i>Amphidinium</i>
	<i>Glenodinium</i>
	<i>Gymnodinium</i>
	<i>Peridinium</i>
	<i>Prorocentrum</i>
ΕΥΓΛΗΝΟΦΥΚΗ	<i>Euglena</i>
ΚΡΥΠΤΟΦΥΚΗ	<i>Cryptomonas</i>
ΧΛΩΡΟΦΥΚΗ	<i>Cosmarium</i>
	<i>Monoraphidium</i>
	<i>Oocystis</i>



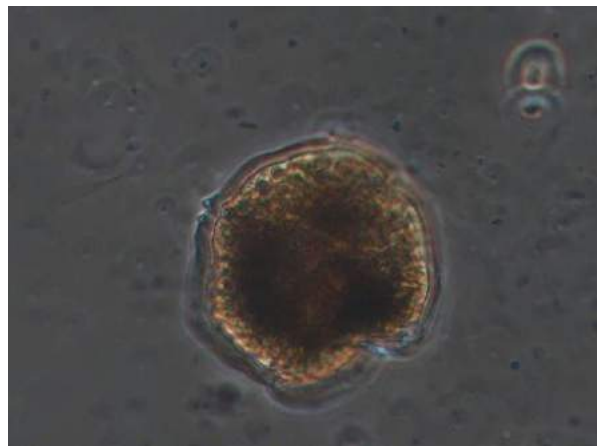
i)



ii)

**Εικόνα 98:** Τα δινοφύκη i) *Prorocentrum minimum* και ii) *Gymnodinium cf. sanguineum* στη λίμνη Κουμουνδούρου

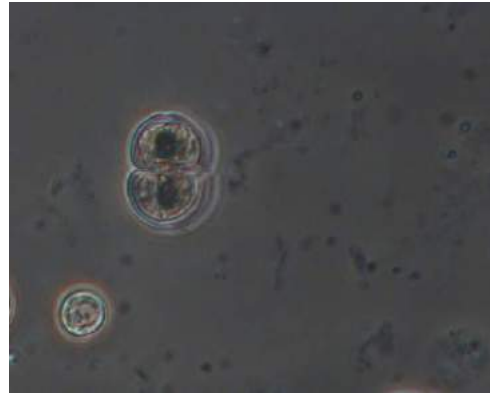
Η πλέον κυρίαρχη ομάδα ως προς το βιοόγκο (> 90%) στο φυτοπλαγκτό της λίμνης ήταν σε όλους τους μήνες, τα δινοφύκη, με κύριο αντιπρόσωπο το *Peridinium* sp. που φαίνεται στην Εικόνα 99, αλλά και περιοδικά (κυρίως κατά τους μήνες Σεπτέμβριο και Νοέμβριο) το *P. minimum*.



**Εικόνα 99:** Το δινοφύκος *Peridinium* sp. στη λίμνη Κουμουνδούρου

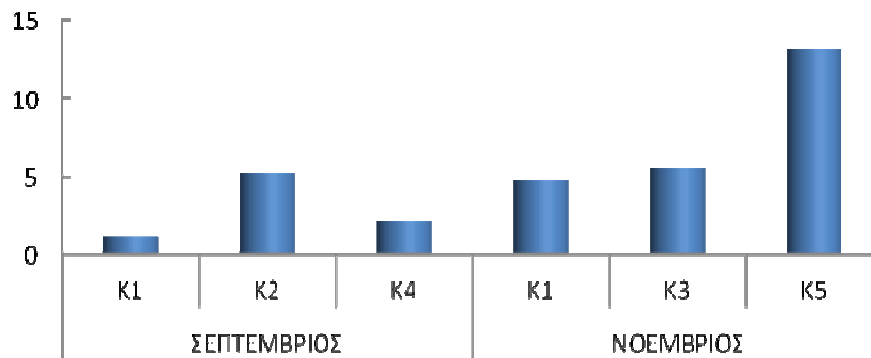
Παράλληλα με τα δινοφύκη, σημαντική (> 20%) ήταν κατά περιόδους και η συνεισφορά άλλων ομάδων φυτοπλαγκτού. Συγκεκριμένα, το Φεβρουάριο και Απρίλιο, εκτός από τα δινοφύκη, τα κρυπτοφύκη συμμετείχαν στη φυτοπλαγκτική κοινότητα της λίμνης με ποσοστό 20% επί του συνολικού βιοόγκου. Τον Σεπτέμβριο, σημαντική συνεισφορά στο συνολικό βιοόγκο φυτοπλαγκτού είχαν και τα

διάτομα (26%), με κυριότερο αντιπρόσωπο το γένος *Cyclotella* (Εικόνα 100, κάτω αριστερά), καθώς και από την ομάδα των χλωροφυκών τα συζυγή (24%) με αντιπροσωπευτικό το είδος *Cosmarium laeve* (Εικόνα 100, πάνω δεξιά).



**Εικόνα 100:** Το διάτομο *Cyclotella* sp. (κάτω αριστερά) και το χλωροφύκος *Cosmarium laeve* (πάνω δεξιά) στη λίμνη Κουμουνδούρου

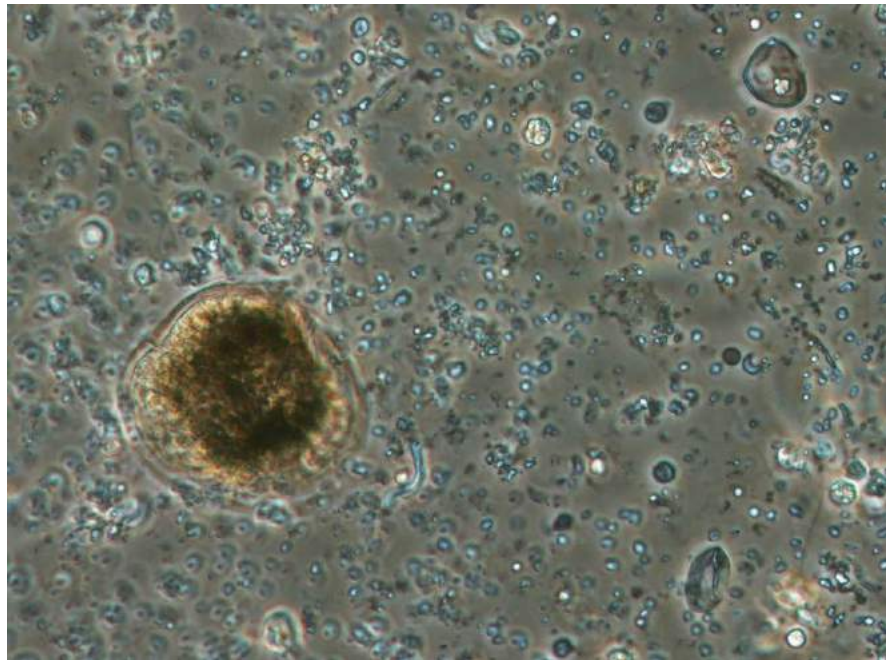
Ο συνολικός βιοόγκος φυτοπλαγκτού κυμάνθηκε στους διάφορους σταθμούς από 1,2 έως 13 mm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup> με τις υψηλότερες τιμές να καταγράφονται κατά το Νοέμβριο. Οι σταθμοί παρουσίασαν διαφορές όσον αφορά το συνολικό βιοόγκο και την κυριαρχία ειδών, χωρίς ωστόσο να παρατηρηθεί κάποιο συγκεκριμένο πρότυπο. Ενδεικτικά, στην Εικόνα 101 φαίνονται οι τιμές συνολικού βιοόγκου σε διαφορετικούς σταθμούς τους μήνες Σεπτέμβριο και Νοέμβριο του 2011.



**Εικόνα 101:** Τιμές συνολικού βιοόγκου φυτοπλαγκτού σε διαφορετικούς σταθμούς στη λίμνη Κουμουνδούρου τους μήνες Σεπτέμβριο και Νοέμβριο του 2011

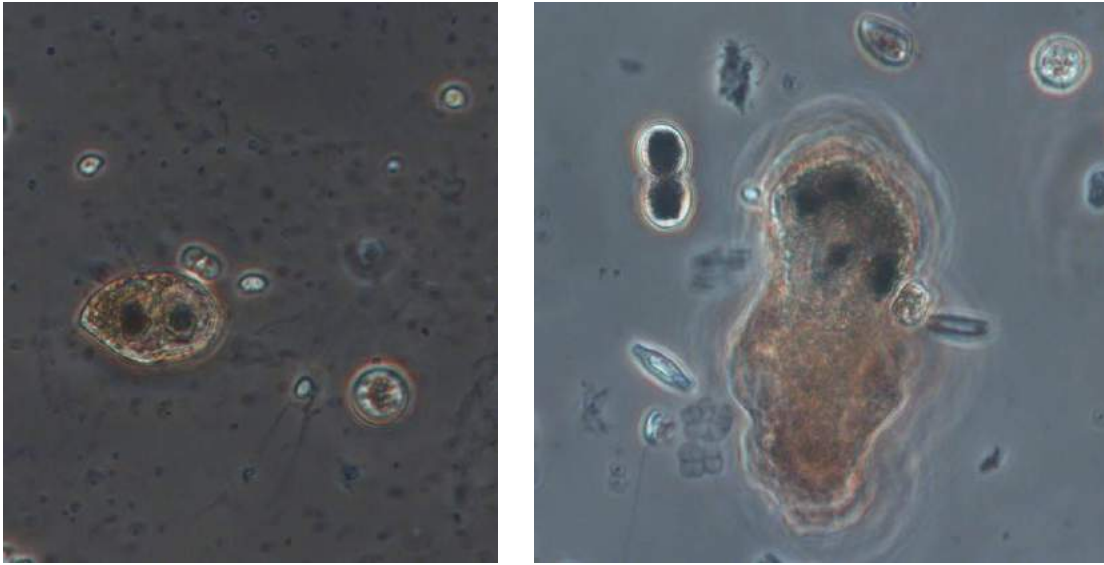


Κατά τους μήνες Φεβρουάριο και Απρίλιο, αν και πολύ μικρού κυτταρικού βιοόγκου παρατηρήθηκαν στο φυτοπλαγκτό πολύ άφθονα βακτήρια/ κυανοβακτήρια τύπου *Synechococcus-Synechocystis*, καθώς και πολλοί νεκροί οργανισμοί και θρύμματα (Εικόνα 102).



**Εικόνα 102:** Βακτήρια, θρύμματα και νεκρούς οργανισμοί και το κυρίαρχο δινοφύκος *Peridinium* sp. στο φυτοπλαγκτό της λίμνης Κουμουνδούρου

Επιπλέον, ήταν χαρακτηριστική η παρουσία κατά τους μήνες Σεπτέμβριο και Νοέμβριο η παρουσία πολλών ετερότροφων οργανισμών που ανήκουν είτε στα δινοφύκη (π.χ. *Amphidinium*) ή πρόκειται για πρωτόζωα.



**Εικόνα 103:** Ετερότροφοι μικροοργανισμοί στη λίμνη Κουμουνδούρου

#### 5.5.5. Χαρακτηριστικά της κοινωνίας φυτοπλαγκτού της λίμνης Κουμουνδούρου

Η λίμνη Κουμουνδούρου αποτελεί ένα ιδιαίτερο σύστημα, στο οποίο οι μεταβολές στην αλατότητα φαίνεται να διαδραματίζουν ουσιαστικό ρόλο στη διαμόρφωση της κοινωνίας του φυτοπλαγκτού. Κατά τους μήνες που αυτή διερευνήθηκε, καταγράφηκε συνολικά ένας σχετικά μικρός αριθμός ειδών (< 30). Στα είδη αυτά περιλαμβάνονται φυτοπλαγκτικοί οργανισμοί που απαντώνται συχνά σε υδάτινα συστήματα με πολύ χαμηλή αλατότητα (< 1‰) αλλά και είδη τα οποία απαντώνται σε υφάλμυρα και θαλάσσια συστήματα. Ανάμεσά τους καταγράφηκαν και γνωστά τοξικά είδη (*Prorocentrum minimum*, *Gymnodinium* cf. *sanguineum*), τα οποία συχνά ευθύνονται για επιβλαβείς ανθίσεις σε παράκτια υδάτινα οικοσυστήματα αλλά και σε λίμνες (*Microcystis*, *Planktothrix*). Ειδικότερα, το *P. minimum* το οποίο παρουσίασε σχετικά υψηλή αφθονία κατά το Σεπτέμβριο ( $3,2 \cdot 10^5$  άτομα / L), είναι είδος που εμφανίζεται σε εύτροφα συστήματα και έχει ενοχοποιηθεί συχνά για την παραγωγή τοξινών αλλά και για προβλήματα γενικότερα στην ισορροπία των οικοσυστημάτων στα οποία παρατηρείται.

Η κυρίαρχη ομάδα φυτοπλαγκτού όσον αφορά το βιοόγκο ήταν τα δινοφύκη (από τις πλέον κυρίαρχες ομάδες στο θαλάσσιο φυτοπλαγκτό), ενώ περιοδικά παρατηρήθηκε σημαντική συνεισφορά και άλλων ομάδων όπως τα διάτομα, τα κρυπτοφύκη και τα συζυγή από τα χλωροφύκη. Οι τιμές του συνολικού βιοόγκου παρουσίασαν σημαντική διαφοροποίηση ανάμεσα στους διαφορετικούς μήνες με τις

υψηλότερες να καταγράφονται τον Νοέμβριο. Διαφοροποίηση παρατηρήθηκε -όσον αφορά τόσο τη σύνθεση (κυριαρχία ειδών) αλλά και το βιοόγκο φυτοπλαγκτού- και ανάμεσα στους σταθμούς κατά την ίδια χρονική περίοδο χωρίς όμως να μπορεί να αναγνωριστεί κάποιο συσχεκτισμένο πρότυπο. Οι τιμές του συνολικού βιοόγκου φυτοπλαγκτού που καταγράφηκαν κατά τους μήνες με τις υψηλότερες θερμοκρασίες (Σεπτέμβριος και Νοέμβριος) είναι υψηλότερες από τα όρια καλής-μέτριας οικολογικής ποιότητας νερού για άλλους τύπους συστημάτων. Επιπλέον, στο σύνολό της η φυτοπλαγκτική κοινωνία της λίμνης είναι ενδεικτική εύτροφης κατάστασης.

Ωστόσο, για μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα του οικοσυστήματος και εξαιτίας της ιδιαιτερότητάς του απαιτείται μεγαλύτερος αριθμός δειγματοληψιών κατά τη διάρκεια του χρόνου με συχνότητα τουλάχιστον εβδομαδιαία κατά τους θερινούς μήνες.

#### **5.5.6. Χλωροφύλλη-α**

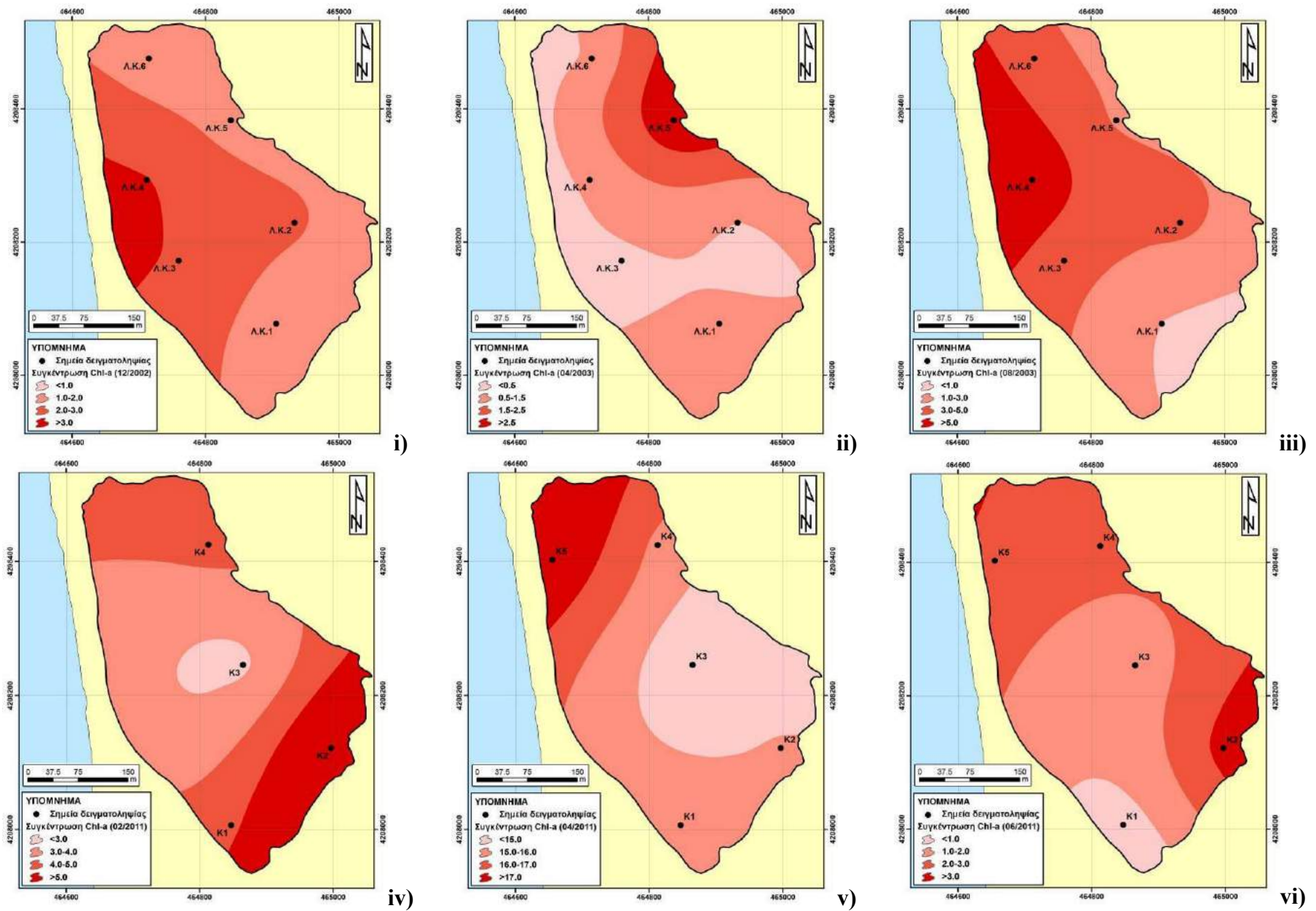
##### **5.5.6.1 Μεθοδολογία**

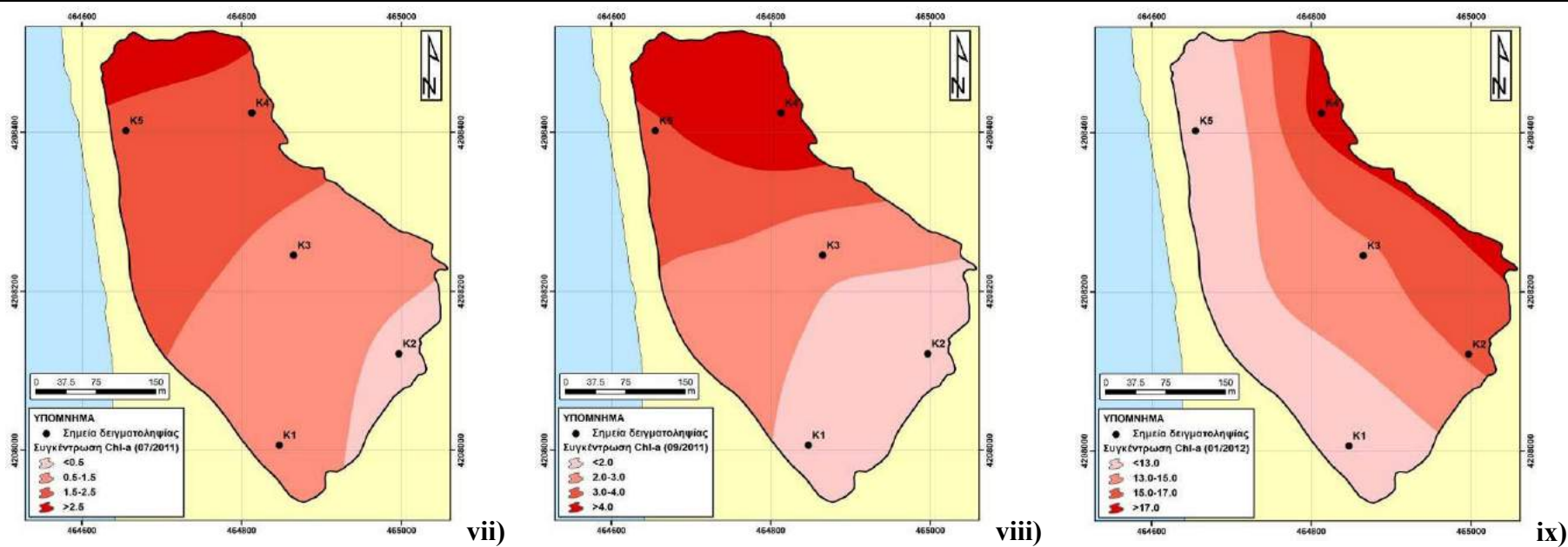
Η χλωροφύλλη-α, κυρίαρχη χρωστική των κυττάρων του φυτοπλαγκτού, είναι ένας πολύ καλός δείκτης εκτίμησης της φυτοπλαγκτονικής βιομάζας (Eppley & Weiler, 1979) και συχνά χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της περιβαλλοντικής ποιότητας των θαλασσιών περιοχών.

Για την μελέτη των συγκεντρώσεων της χλωροφύλλης-α συλλέχθηκαν δείγματα νερού με δειγματολήπτες τύπου NIO χωρητικότητας 1.5 λίτρων από το επιφανειακό στρώμα της στήλης του νερού. Για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων χλωροφύλλης-α, έγινε διήθηση ορισμένου όγκου νερού (συνήθως 0,5-1,0 λίτρο) με ηθμούς Whatman GF/F. Οι ηθμοί διατηρήθηκαν σε ξηρό περιβάλλον στο σκοτάδι σε θερμοκρασία -15°C. Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης-α έγινε με φθορισόμετρο TURNER 00-AU-10 (Holm-Hansen et al., 1965).

##### **5.5.6.2 Αποτελέσματα**

Σε μία προσπάθεια καλύτερης κατανόησης της διαχρονικής μεταβολής της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης-α στην λίμνη Κουμουνδούρου, έγινε η σύγκριση των αποτελεσμάτων των δειγματοληψιών της παρούσας μελέτης με τις μετρήσεις που είχαν πραγματοποιηθεί στα παρελθόν από το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. (2004) (Εικόνα 104, i-iii).



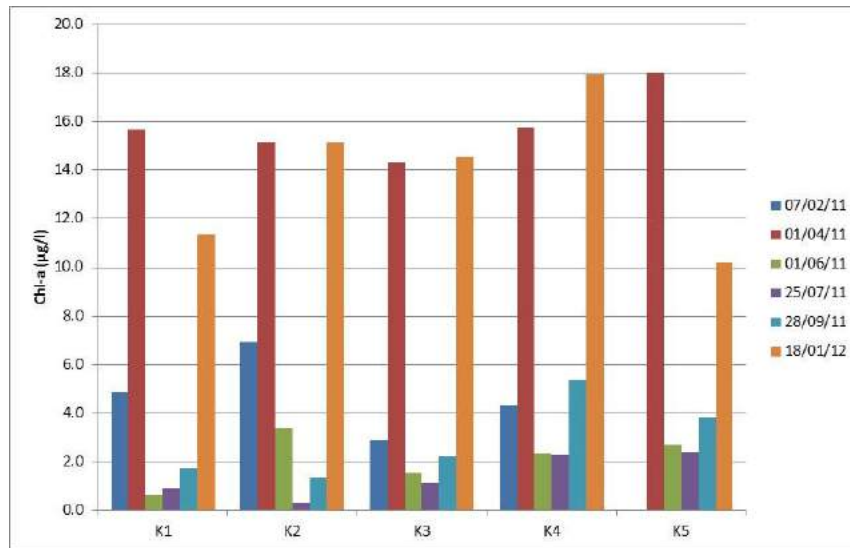


**Εικόνα 104:** Χωρική κατανομή της συγκέντρωσης χλωροφύλλης-α στην Λίμνη Κουμουνδούρου (δεδομένα χαρτών i - iii από ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε., 2004).

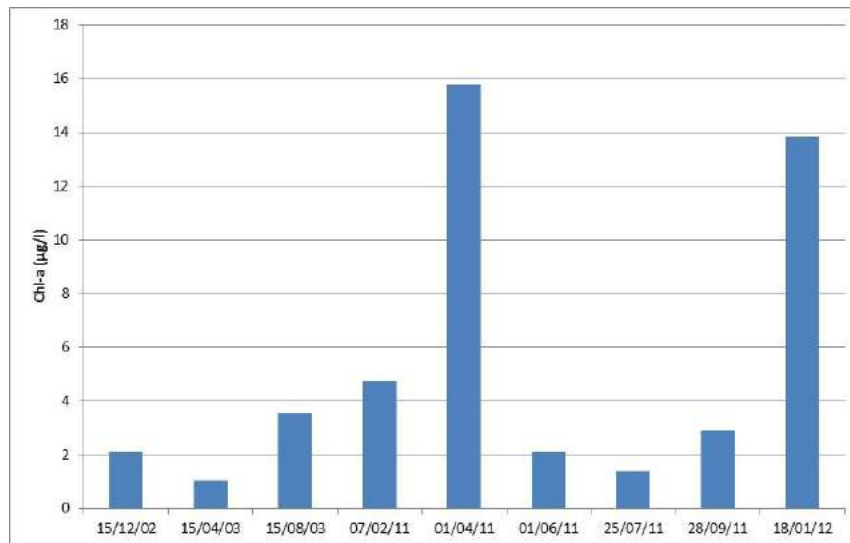
Ως προς την χωρική διακύμανση της χλωροφύλλης, οι υψηλότερες τιμές παρατηρούνται κυρίως στο δυτικό - βορειοδυτικό τμήμα της λίμνης, πλησίον των καρστικών πηγών. Το γεγονός αυτό είναι πιθανόν να οφείλεται στην γρήγορη ανανέωση του νερού και στις εισροές σημαντικών ποσοτήτων γλυκού νερού στην λίμνη που είναι εμπλουτισμένες με θρεπτικά που ευνοούν την ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις, όπου η συγκέντρωση της χλωροφύλλης είναι μεγάλη σε άλλες περιοχές της λίμνης, η χωρική κατανομή καθορίζεται από τις εκάστοτε υδροδυναμικές συνθήκες της λίμνης.

Με βάση τους παραπάνω χάρτες (Εικόνα 104) προκύπτει ότι διαχρονικά επικρατεί μία αυξητική τάση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης-α στην λίμνη Κουμουνδούρου. Πιο συγκεκριμένα, κατά τη δειγματοληψία του Δεκεμβρίου 2002, η συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α κυμαινόταν από 1,401 μg/l (σημείο ΛΚ6, βόρεια της λίμνης) έως 3,022 μg/l (σημείο ΛΚ4, δυτικά της λίμνης, κοντά στην περιοχή του θυροφράγματος). Κατά τη δειγματοληψία του Απριλίου 2003, η συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α κυμαινόταν από 0,366 μg/l (σημείο ΛΚ3, δυτικά της λίμνης) έως 3,279 μg/l (σημείο ΛΚ5, βορειοανατολικά της λίμνης). Κατά τη δειγματοληψία του Αυγούστου 2003, η συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α κυμαινόταν από 0,965 μg/l (σημείο ΛΚ1, νότια της λίμνης) έως 6,268 μg/l (σημείο ΛΚ4, δυτικά της λίμνης). Στις πρόσφατες δειγματοληψίες οι μεγαλύτερες τιμές απαντήθηκαν κατά την διάρκεια της δειγματοληψίας του Απριλίου 2011, όπου η συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α κυμαινόταν από 14,315 μg/l (σημείο Κ3, στο κέντρο της λίμνης) έως 18,014 μg/l (σημείο Κ5, δυτικά της λίμνης, κοντά στην περιοχή του θυροφράγματος) και η μικρότερες τιμές κατά την δειγματοληψία του Ιουλίου 2011, όπου η συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α κυμαινόταν από 0,286 μg/l (σημείο Κ2, νοτιοανατολικά της λίμνης) έως 2,375 μg/l (σημείο Κ5, δυτικά της λίμνης, κοντά στην περιοχή του θυροφράγματος), (Εικόνα 105).

Η μέση τιμή της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης-α διαμορφώθηκε ως εξής: από 2,084 μg/l (Δεκέμβριος 2002), 1,031 μg/l (Απρίλιος 2003), 3,555 μg/l (Αύγουστος 2003), 4,749 μg/l (Φεβρουάριος 2011), 15,774 μg/l (Απρίλιος 2011), 2,107 μg/l (Ιούνιος 2011), 1,399 μg/l (Ιούλιος 2011), 2,894 μg/l (Σεπτέμβριος 2011) και 13,843 μg/l (Ιανουάριος 2012). Ως εκ τούτου, παρατηρείται, μία σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης-α στην λίμνη Κουμουνδούρου κατά τις πρόσφατες δειγματοληψίες σε σχέση με τις αρχές της δεκαετίας του 2000 (Εικόνα 106).



**Εικόνα 105:** Μεταβολή της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης-α στους διάφορους σταθμούς δειγματοληψίας.



**Εικόνα 106:** Μεταβολή του μέσου όρου της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης-α στην λίμνη Κουμουνδούρου.

Αυτό μπορεί να οφείλεται και στην ύπαρξη μεγαλύτερων ποσοτήτων θρεπτικών αλάτων στη λίμνη και ιδιαίτερα της αμμωνίας και των νιτρικών που παρουσιάζουν εξαιρετικά υψηλές τιμές έως το τέλος της χειμερινής περιόδου και επομένως δίδει την δυνατότητα για σημαντική ανάπτυξη

φυτοπλαγκτού και γενικότερα υδρόβιας βλάστησης. Το γεγονός αυτό παρατηρήθηκε και μακροσκοπικά κατά την ανοιξιάτικη και καλοκαιρινή περίοδο όπου τα μακρόφυτα του πυθμένα κάλυψαν σχεδόν το 100% της λίμνης δυσκολεύοντας την ομάδα έργου στην συλλογή δειγμάτων ιζήματος και την κίνηση με βάρκα εντός της λίμνης. Η μεγάλη αύξηση των συγκεντρώσεων αμμωνίας και των νιτρικών ενδέχεται να συνδέεται με την ανεξέλεγκτη διάθεση αστικών λυμάτων αλλά και με την αυξημένη παρουσία των πτηνών πέριξ και μέσα στη λίμνη, κατά τη συγκεκριμένη περίοδο, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο.

## 5.6. Μακροασπόνδυλη πανίδα

### 5.6.1. Μεθοδολογία

Δείγματα βένθους συλλέχθηκαν από 4 σημεία της λίμνης στις 7 Φεβρουαρίου 2011 με συλλέκτη βένθους τύπου Ekman (Εικόνα 107). Τα δείγματα κοσκινίστηκαν με πλέγμα διαμέτρου 1 χιλιοστού και τοποθετήθηκαν σε πλαστικά δοχεία με αιθανόλη 90% ως συντηρητικό μέσο και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο όπου έγινε η ταξινόμηση. Τα είδη που συλλέχθηκαν ταξινομήθηκαν σε επίπεδο είδους όπου ήταν εφικτό. Πρέπει να σημειωθεί ότι δεν ήταν εφικτό να συλλεχθούν δείγματα βένθους κατά τη διάρκεια των υπόλοιπων δειγματολημιών λόγω της μεγάλης φυτοκάλυψης του πυθμένα. Κατά περιόδους ωστόσο, όταν υπήρχαν γυμνές από φυτοκάλυψη περιοχές, πραγματοποιούνταν μια λήψη δείγματος για να εξεταστεί η σύνθεση της βενθικής κοινότητας.



**Εικόνα 107:** Δειγματολήπτης τύπου Ekman και κόσκινο διήθησης βένθους λίμνης με πλέγμα διαμέτρου 1 mm.



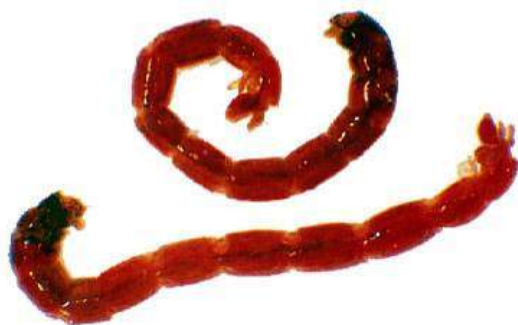
### 5.6.2. Αποτελέσματα - συζήτηση δειγματοληψίας βένθους λίμνης

Είναι γνωστό ότι η κατάσταση της φυσικοχημικής ποιότητας του νερού της λίμνης και των συνθηκών οι οποίοι επικρατούν στο ίζημα επιδρούν άμεσα ή έμμεσα στην πανίδα του οικοσυστήματος. Έτσι, με το σκεπτικό αυτό λήφθηκαν δείγματα ζωοβένθους από τον πυθμένα της λίμνης με δειγματολήπτη τύπου Ekman, και αναλύθηκαν στο εργαστήριο. Συνολικά συλλέχθηκαν 3 τάξα τα οποία κατανέμονται σε τρεις οικογένειες. Τα τάξα που συλλέχθηκαν ήταν το Δίπτερο *Chironomus thummi* της οικογένειας Chironomidae (Εικόνα 108 και Εικόνα 109), το γαστερόποδο Hydrobiidae (Εικόνα 110) και το δίθυρο *Cerastoderma glaucum* της οικογένεια Cardiidae (Εικόνα 111). Τα τάξα που συλλέχθηκαν και οι αφθονίες τους παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα και γράφημα, (Πίνακας 44, Εικόνα 112).

Το γαστερόποδο *Hydrobia ulvae* της οικογένειας Hydrobiidae απαντήθηκε σε πολύ μεγάλες αφθονίες, ωστόσο σχεδόν όλα ήταν νεκρά κελύφη που καταλάμβαναν μεγάλο ποσοστό του πυθμένα της λίμνης. Όπως αναφέρθηκε και στην μεθοδολογία, λόγω της πυκνής φυτοκάλυψης της λίμνης ήταν αδύνατο να συλλεχθεί δείγμα βένθους κατά τη διάρκεια των υπόλοιπων δειγματοληψιών.



**Εικόνα 108:** *Chironomus thummi* (Φωτ. Ι. Καραούζας)



**Εικόνα 109:** *Chironomus thummi* (Chironomidae) (Φωτ. Από το διαδίκτυο)



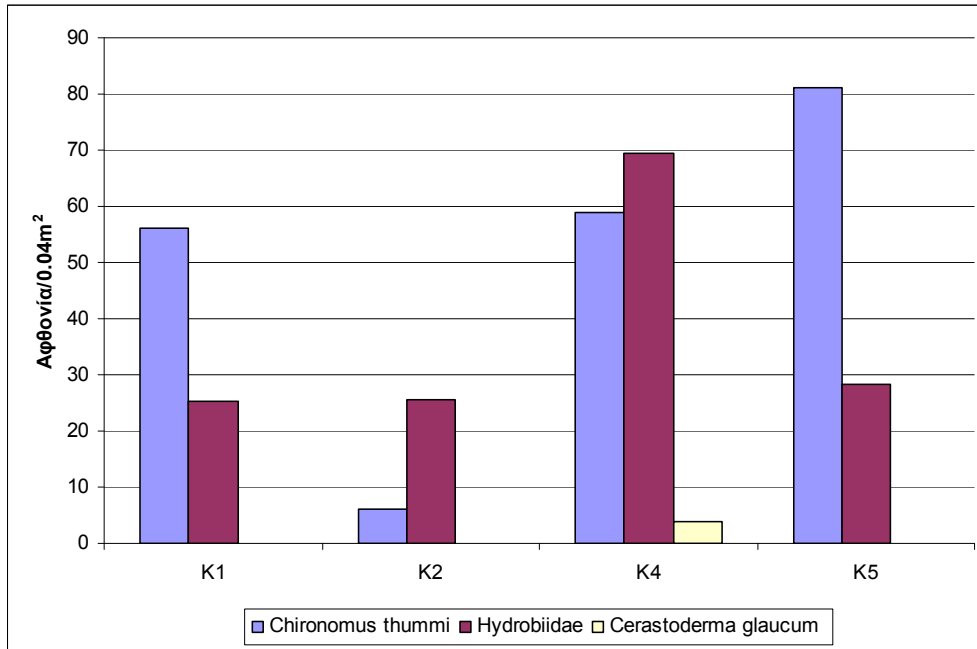
**Εικόνα 110:** Το σαλιγκάρι της οικογένειας Hydrobiidae (Φωτ. Ι. Καραούζας).



**Εικόνα 111:** *Cerastoderma glaucum* (Cardiidae). (Φωτ. Μ. Κουτσοδήμου)

**Πίνακας 44:** Η βενθική πανίδα της Λίμνης Κουμουνδούρου όπως καταγράφηκε τον Φεβρουάριο 2011 (αφθονία/0,034m<sup>2</sup>).

ΤΑΞΑ	Κ1	Κ2	Κ4	Κ5
<i>Chironomus thummi</i>	56	6	59	81
<i>Hydrobia ulvae</i>	2530	2544	6955	2820
<i>Cerastoderma glaucum</i>	0	0	4	0



Σημείωση: Οι αφθονίες των Hydrobiidae είναι διαιρεμένες με 100 για την καλύτερη απεικόνισή τους στο διάγραμμα.

**Εικόνα 112:** Η βενθική πανίδα της Λίμνης Κουμουνδούρου όπως καταγράφηκε τον Φεβρουάριο 2011.

Από ότι διαπιστώνεται η σύσταση των βενθικών οργανισμών στους σταθμούς της λίμνης Κουμουνδούρου είναι πάρα πολύ μικρή. Παρόμοια μελέτη η οποία είχε γίνει στη τεχνητή λίμνη του Μόρνου και σε μικρότερα βάθη στα εκβολικά συστήματα που υπάρχουν σ' αυτήν έδειξαν ανάλογα αποτελέσματα. Δηλαδή, οι προσδιορισθέντες οργανισμοί στο εκβολικό σύστημα του ποταμού Μόρνου στη τεχνητή λίμνη του Μόρνου, ανήκαν όλοι στη τάξη των Διπτέρων με χαρακτηριστικούς αντιπροσώπους τα είδη: *Chironomus plumosus*, *Chironomus anthracinus* και *Chironomus thummi* (Gritzalis et al, 1996).

Η παρουσία του είδους *Chironomus thummi*, η οποία υποδηλώνει τη παρουσία ανοξικών συνθηκών οφείλεται πιθανόν στην οργανική ρύπανση που προκαλείται από τις βιοχημικές δραστηριότητες αλλά και από την ανεξέλεγκτη διάθεση αστικών λυμάτων στη περιοχή. Η οικογένεια των Chironomidae είναι μια οικογένεια εντόμων με μεγάλη γεωγραφική εξάπλωση, ενώ η οικογένεια αυτή περιλαμβάνει πολλά είδη. Οι προνύμφες της οικογένειας αυτής απαντώνται παγκοσμίως σε όλα σχεδόν τα υδατικά και υδρόφιλα περιβάλλοντα (Ammitage et al, 1994), ενώ τα ενήλικα άτομα έχουν διάφορα ονόματα αναλόγως της περιοχής όπου διαβιούν. Κάποιες προνύμφες των Chironomidae, διακρίνονται πάρα πολύ εύκολα λόγω του έντονου ερυθρού χρώματος εξ αιτίας της συγκέντρωσης της αιμογλοβίνης και όπου διεθνώς είναι γνωστές ως ‘bloodworms’ (Coffman & Ferrington, Jr. 1996). Το κυριότερο γεγονός όμως είναι ότι τα άτομα της οικογένειας αυτής πλέον της συμμετοχής των στη τροφική αλυσίδα, είναι αναλόγως της παρουσίας, απουσίας αλλά και της αφθονίας τους, και δείκτες για την εκτίμηση της υδατικής ποιότητας από διάφορους ρύπους (Walker, 2001).

Έτσι, σύμφωνα με τα συλλεχθέντα δεδομένα αλλά και με τις πιο πάνω παρατηρήσεις στην οικολογία των εντόμων αυτών, εξηγείται η συγκέντρωσή τους στη λίμνη. Δηλαδή, οι παροδικά ανοξικές συνθήκες λόγω της ρύπανσης και του οργανικού υλικού υποστηρίζουν την ύπαρξη του είδους *Chironomus thummi*.

Σημείωση: Οι προνύμφες των *Chironomus thummi* χάνουν το κόκκινο χρώμα τους όταν αποθηκεύονται σε αιθανόλη. Στην Εικόνα 109 απεικονίζεται το κανονικό χρώμα της προνύμφης.

Το κυδώνι *Cerastoderma glaucum* είναι ένα δίθυρο διθηματοφάγο μαλάκιο (filter feeding bivalve) το οποίο απαντάται κυρίως σε λιμνοθάλασσες και πιο σπάνια στα χαμηλά τμήματα των εκβολικών οικοσυστημάτων. Το είδος αποτελείται από δύο μορφές, με το τυπικό λεπτό κέλυφος που απαντάται στις υφάλμυρες λιμνοθάλασσες και με ένα πιο παχύ κέλυφος που βρίσκεται σε εκβολές ποταμών. Είναι ευρέως διαδεδομένο στη βόρειο-δυτική Ευρώπη και εξαπλώνεται από τη Νορβηγία και τη Βαλτική έως τη Μεσόγειο και Μαύρη Θάλασσα.

Τα γαστερόποδα Hydrobiidae, ή σαλιγκάρια λάσπης (mud snails) όπως είναι η κοινή τους ονομασία, είναι μια μεγάλη κοσμοπολίτικη οικογένεια πολύ μικρών σαλιγκαριών γλυκών και υφάλμυρων υδάτων. Τα περισσότερα είδη της οικογένειας αυτής ζουν σε γλυκά νερά (λίμνες, ποτάμια, ρέματα), αλλά ορισμένα βρίσκονται σε υφάλμυρα νερά ή στα σύνορα μεταξύ γλυκού και υφάλμυρου νερού. Ένας πολύ μικρός αριθμός ειδών απαντώνται στο θαλάσσιο περιβάλλον σε

αμμώδεις ή λασπώδεις πυθμένες με φύκια. Τα σαλιγκάρια της οικογένειας αυτής είναι πολύ μικρά και το κέλυφος τους δεν ξεπερνά τα 8 χιλιοστά. Το κέλυφος προσφέρει πολύ λίγα ισχυρά ταξινομικά χαρακτηριστικά και για το λόγο αυτό οι περιγραφές συχνά πρέπει να βασίζονται στα χαρακτηριστικά του βλέφαρου (operculum), (radula) και των γενετικών οργάνων (πέος).

Συγκρίνοντας προηγούμενες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στη λίμνη με τη παρούσα φαίνεται ότι έχει αλλάξει η σύνθεση της βενθικής κοινότητας (Πίνακας 45). Σύμφωνα με τη μελέτη του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών που πραγματοποιήθηκε το 1994, ο πολύχαιτος *Nereis diversicolor* και το δίθυρο *Cerastoderma edule* ήταν τα επικρατέστερα είδη της λίμνης. Ωστόσο, μόνο νεκρά κελύφη του δίθυρου *Cerastoderma edule* βρέθηκαν στα δείγματα, αποδεικνύοντας μια άλλοτε βρίθουσα ζωής βιοκοινωνία στο πυθμένα της λίμνης, πριν την εντατικοποίηση των ρυπαντικών πιέσεων από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες στη περιοχή, κατά τις δεκαετίες του 1950 και 1960. Ο πολύχαιτος *Nereis diversicolor* βρέθηκε σε μεγάλες αφθονίες και πριν από μερικά χρόνια (ΕΛΚΕΘΕ 2004; Dimitriou et al, 2006) λόγω των μικρών απαιτήσεων του σε οξυγόνο και του τρόπου διατροφής του. Ο συγκεκριμένος πολύχαιτος είναι παμφάγος, διατρεφόμενος από το πλούσιο σε νεκρή οργανική ύλη ίζημα. Με αρκετά μεγάλη παρουσία απαντήθηκε και το γαστερόποδο *Hydrobia ulvae* το οποίο ζει και τρέφεται από τις αποικίες διατόμων που καλύπτουν τους βλαστούς και τα φύλλα της *Ruppia cirrhosa*. Με σημαντική αφθονία απαντήθηκαν επίσης και οι προνύμφες των δίπτερων Chironomidae.

Σήμερα μόνο το δίπτερο *Chironomus thummi* και το γαστερόποδο *Hydrobia ulvae* απαντώνται στη λίμνη δείχνοντας έτσι την σημαντική επίδραση από ανθρωπογενείς δραστηριότητες και τις αλλαγές που έχει υποστεί η βιοκοινωνία της λίμνης τα τελευταία 20 περίπου χρόνια.

**Πίνακας 45:** Σύνθεση της βενθικής πανίδας της λίμνης Κουμουνδούρου από το 1994 μέχρι το 2011.

	Κατανομή ζωοβένθους		
	1994	2003	2011
<b>Τάξα</b>			
<b>Ολιγόχαιτοι</b>			
<i>Tubifex tubifex</i>	+	+	
<b>Πολύχαιτοι</b>			
<i>Nereis diversicolor</i>	+	+	
<i>Nereis caudata</i>	+		

<b>Μαλάκια</b>			
<i>Hydrobia ulvae</i>	+	+	+
<i>Cerastoderma edule</i>		+	+
<b>Καρκινοειδή</b>			
<i>Tanais covolinii</i>		+	
<i>Leptocellia savignyi</i>	+		
<b>Δίπτερα</b>			
<i>Chironomus sp</i>		+	+
Gomphidae		+	

## 5.7. Υδρογονάνθρακες

### 5.7.1. Εισαγωγή

Αν και οι υδρογονάνθρακες σε ένα οικοσύστημα μπορεί να έχουν τόσο ανθρωπογενή όσο και βιογενή προέλευση (παράγονται κατά τη διαγένεση οργανικών ουσιών), οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (Π.Α.Υ.) συνήθως έχουν ανθρωπογενή προέλευση και αποτελούν παραπροϊόντα καύσης των οργανικών υλών (πυρολυτικοί Π.Α.Υ.) ή είναι συστατικά του πετρελαίου (πετρογενείς Π.Α.Υ.). Πρόκειται για οργανικές ενώσεις με έναν ή περισσότερους βενζολικούς δακτυλίους. Γενικά οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (Π.Α.Υ.) είναι αρκετά τοξικές ενώσεις, έχουν μεγάλη ανθεκτικότητα στην φυσικοχημική και βιολογική αποσύνθεση, ενώ κάποιοι από αυτούς θεωρείται ότι προκαλούν αρνητικές επιπτώσεις σε υδρόβιους ή χερσαίους οργανισμούς ή ότι είναι καρκινογόνες.

Οι αλειφατικοί υδρογονάνθρακες αποτελούν τα κύρια συστατικά του πετρελαίου και όλων των υγρών καυσίμων ενώ κάποιοι από αυτούς είναι συστατικά των ανώτερων χερσαίων φυτών ή μπορούν να παραχθούν από το πλαγκτόν.

Οι ενώσεις αυτές έχουν υδρόφοβο χαρακτήρα, με συνέπεια ο χρόνος παραμονής τους στην υδάτινη στήλη να είναι μικρός και γρήγορα καταλήγουν στον τελικό αποδέκτη το ίζημα, αφού απορροφηθούν από την αιωρούμενη οργανική ύλη. Έτσι, οι συγκεντρώσεις των Π.Α.Υ. στα ιζήματα αποτυπώνουν τις ρυπαντικές συνθήκες μίας περιοχής και για τον λόγο αυτόν περιλαμβάνονται στη λίστα των ουσιών προτεραιότητας (POPs, Priority Pollutants).

### 5.7.2. Μεθοδολογία

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης λήφθηκαν επιφανειακά δείγματα νερού (2,5 lt) από το υπάρχον δίκτυο δειγματοληψίας τον Ιούλιο και τον Νοέμβριο του 2011.

Για τον προσδιορισμό των πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (Π.Α.Υ.) στα δείγματα νερού προστέθηκε ποσότητα δευτεριωμένων Π.Α.Υ. που χρησιμεύουν ως εσωτερικά πρότυπα και ακολούθησε εκχύλιση με εξάνιο χρησιμοποιώντας μηχανική ανάδευση για 30 λεπτά. Το εκχύλισμα του εξανίου ξηράνθηκε με θειικό νάτριο και στη συνέχεια συμπυκνώθηκε μέχρι τελικού όγκου 50 μl. Η ταυτοποίηση και ο ποσοτικός προσδιορισμός των ΠΑΥ στα τελικό διάλυμα έγινε με αέρια χρωματογραφία - φασματοσκοπία μάζας χρησιμοποιώντας διαδικασία παρακολούθησης μεμονωμένων ιόντων (SIM mode) σε όργανο HP 6890 GC-MS.

Παράλληλα, στις ίδιες ημερομηνίες δειγματοληψίας και από το ίδιο δίκτυο συλλέχθηκαν δείγματα των επιφανειακών ιζημάτων της λίμνης Κουμουνδούρου. Τα ιζήματα ξηράνθηκαν σε συσκευή λυοφίλησης, κοσκινίστηκαν σε κόσκινο 250 μm και ακολούθησε ο προσδιορισμός των ενώσεων.

Για τον προσδιορισμό των υδρογονανθράκων τα ιζήματα μετά από προσθήκη εσωτερικών προτύπων εκχυλίστηκαν σε συσκευή Soxhlet χρησιμοποιώντας μίγμα διχλωρομεθάνιου - μεθανόλης 2:1, ακολούθησε σαπωνοποίηση με μεθανολικό διάλυμα ΚΟΗ, εκχύλιση των μη σαπωνοποιήσιμων συστατικών με εξάνιο και κλασματοποίηση και καθαρισμός με χρωματογραφία στήλης σε ενεργοποιημένη silica gel. Συλλέχθηκαν δύο κλάσματα, το πρώτο περιείχε τους αλειφατικούς υδρογονάνθρακες και το δεύτερο τους Π.Α.Υ.. Τα κλάσματα αυτά συμπυκνώθηκαν μέχρι τελικού όγκου 100 μL, και ο προσδιορισμός των αλειφατικών υδρογονανθράκων και των Π.Α.Υ. έγινε με αέρια χρωματογραφία - φασματοσκοπία μάζας χρησιμοποιώντας τεχνική πλήρους σάρωσης των ιόντων.

### 5.7.3. Αναλύσεις στο νερό

Με βάση τα αποτελέσματα προσδιορισμού των συγκεντρώσεων Π.Α.Υ. στο δίκτυο δειγματοληψίας νερού της λίμνης Κουμουνδούρου (ημερομηνίες δειγματοληψίας 25/07/2011 και 30/11/2011) προκύπτει ότι γενικά οι μέγιστες τιμές συναντώνται στο βορειοανατολικό τμήμα της λίμνης, στην περιοχή των πηγών (σημείο δειγματοληψίας Κ4). Η μέση τιμή των Π.Α.Υ. και στις δύο δειγματοληψίες της παρούσας μελέτης ήταν αρκετά μικρότερη (43,6 και 51,8 ng/L αντίστοιχα) από την μέση τιμή των Π.Α.Υ. στην λίμνη Κουμουνδούρου το 2003 (Δεκέμβριος 2002: 465,6 ng/L,

Απρίλιος 2003: 377,7 ng/L, Αύγουστος 2003: 197,2 ng/L, Ε.Κ.Θ.Ε., 2003), αλλά αρκετά μεγάλη ώστε να υποδεικνύεται ότι υπάρχει διαχρονική επιβάρυνση. Σημειώνεται ότι και στην περίπτωση του Απριλίου και του Αυγούστου 2003 οι μέγιστες συγκεντρώσεις Π.Α.Υ. συναντώνται στο βορειοανατολικό και ανατολικό τμήμα της λίμνης, ενώ κατά τον Δεκέμβριο 2002 οι υψηλότερες συγκεντρώσεις εντοπίστηκαν δυτικά - νοτιοδυτικά (Πίνακας 46).

**Πίνακας 46:** Συγκεντρώσεις του συνόλου των Π.Α.Υ. στα δείγματα νερού της λίμνης Κουμουνδούρου.

Ημερομηνία δειγματοληψίας	Σημείο δειγματοληψίας	Σύνολο Π.Α.Υ. (ng/L)
25/07/2011	K2	28.5
	K3	39.7
	K4	73.1
	K5	33.2
30/11/2011	K2	38.3
	K3	24.7
	K4	97.3
	K5	46.7

Η εν λόγω τάση σταδιακής, διαχρονικής μείωσης των συγκεντρώσεων Π.Α.Υ στη λίμνη ενδέχεται να οφείλεται αφενός στα έργα επανάντλησης των διαρροών πετρελαιοειδών από τις εγκαταστάσεις των παρακείμενων διυλιστηρίων και αφετέρου στο έργο της τεχνητής ανύψωσης της στάθμης της λίμνης μέσω του θυροφράγματος, κάτι που άλλαξε την υδρολογική ισορροπία στη λίμνη και ενδεχομένως να μείωσε τις εισροές ρυπαντών από τον υδροφόρο. Η συγκεκριμένη τάση θα ήταν χρήσιμο να επιβεβαιωθεί με την επαναληψιμότητα των μετρήσεων καθώς και με την ταυτόχρονη παρακολούθηση των Π.Α.Υ και σε παρακείμενες γεωτρήσεις βορειοανατολικά της λίμνης.

#### 5.7.4. Αναλύσεις στο ίζημα

Με βάση τα αποτελέσματα των αναλύσεων προσδιορισμού των Π.Α.Υ. στο ίζημα της λίμνης Κουμουνδούρου προκύπτει ότι η μέση τιμή τους τον Ιούλιο 2011 είναι 721 ng/g, τιμή που είναι παρόμοια με τη μέση τιμή των αναλύσεων του Δεκεμβρίου 2002 (728,2 ng/g, Ε.Κ.Θ.Ε., 2003). Ωστόσο, κατά την μελέτη του Ε.Κ.Θ.Ε. (2003) οι μέγιστες συγκεντρώσεις Π.Α.Υ. που υπολογίστηκαν ήταν πολύ μεγαλύτερες από τις σημερινές (1.514,4 ng/g τον Δεκέμβριο 2002 έναντι 945 ng/g τον Ιούλιο 2011).

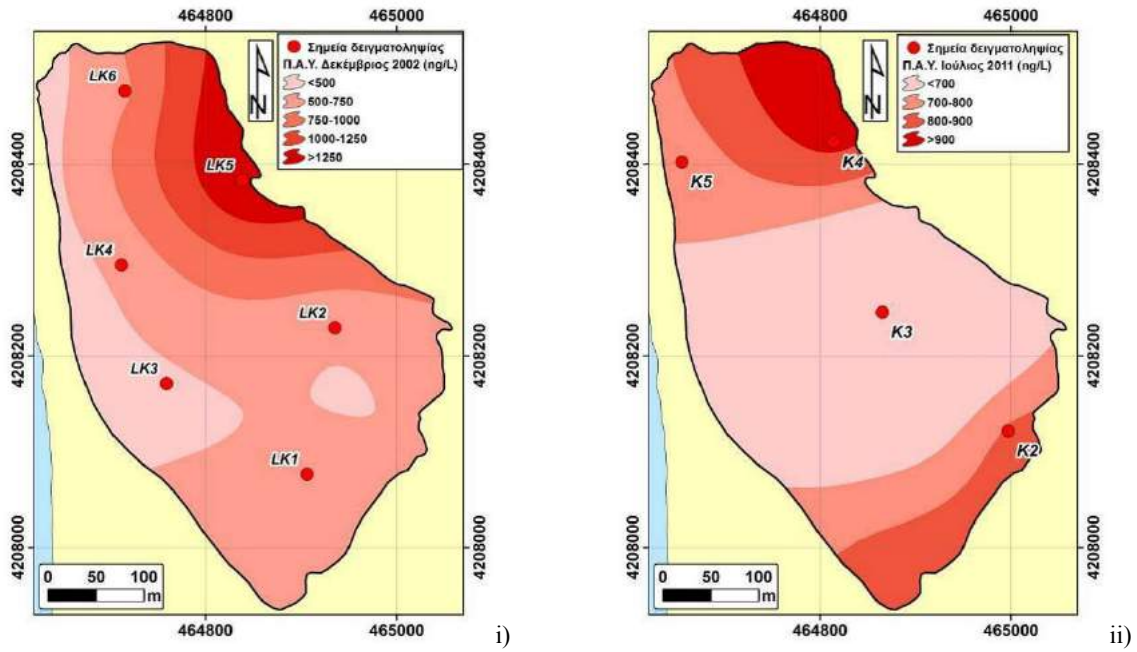
Στην παρούσα μελέτη, οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις Π.Α.Υ. παρατηρήθηκαν κατά την δειγματοληψία του Νοεμβρίου 2011 (μέση τιμή 2.391,5 ng/g) στο βορειοανατολικό τμήμα της



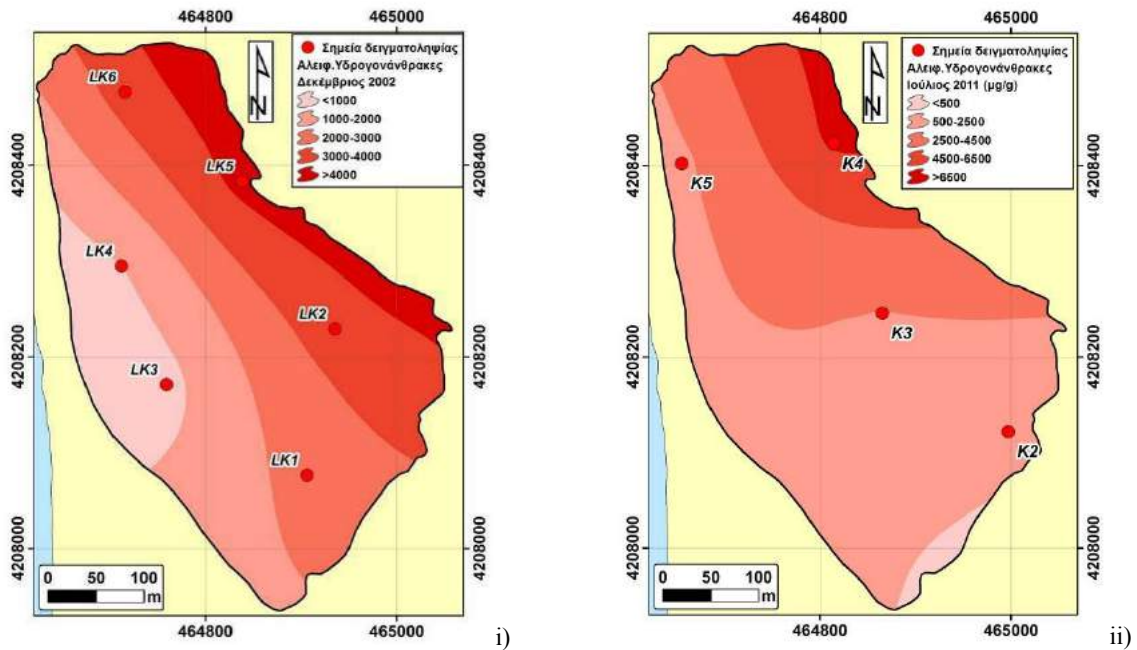
λίμνης, στην περιοχή των πηγών (σημείο δειγματοληψίας Κ4) (Πίνακας 41, Εικόνα 113). Οι συγκεντρώσεις των αλειφατικών υδρογονανθράκων κατά την δειγματοληψία του Ιουλίου 2011 κυμαίνονται από 868 έως 6.778  $\mu\text{g/g}$ , με μέση τιμή 3.060  $\mu\text{g/g}$ , ενώ τον Νοέμβριο 2011 κυμαίνονται μεταξύ 868 και 4.866  $\mu\text{g/g}$ . Οι τιμές αυτές είναι ελαφρώς μεγαλύτερες από αυτές που παρατηρήθηκαν κατά τον Δεκέμβριο 2002 (749,6 έως 4.374  $\mu\text{g/g}$ , με μέση τιμή 2.563,3  $\mu\text{g/g}$ , Ε.Κ.Θ.Ε., 2003), κυρίως λόγω της πολύ υψηλής συγκέντρωσης στη θέση Κ4 κατά τον Ιούλιο 2011 (6.778  $\mu\text{g/g}$ ). Σε όλες τις δειγματοληψίες (2003 και 2011) οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρούνται στο βορειοανατολικό τμήμα της λίμνης Κουμουνδούρου, στην περιοχή των πηγών, γεγονός που οφείλεται στην εκφόρτιση του ρυπασμένου υπόγειου υδροφόρου. Γενικά οι τιμές των αλειφατικών υδρογονανθράκων είναι μεγάλες και υποδηλώνουν την επίδραση ανθρωπογενών πιέσεων από βιομηχανικές δραστηριότητες και ρύπανση από πετρελαιοειδή (Πίνακας 41, Εικόνα 114). Σημειώνεται ότι στην ανοικτή θάλασσα ή σε παράκτιες περιοχές με λίγες ανθρωπογενείς παρεμβάσεις, οι τιμές των αλειφατικών υδρογονανθράκων στα ιζήματα είναι της τάξης των 100  $\mu\text{g/g}$  (Bouloubassi et al., 2001).

**Πίνακας 47:** Συγκεντρώσεις των Π.Α.Υ. και των αλειφατικών υδρογονανθράκων στα δείγματα του ιζήματος της λίμνης Κουμουνδούρου.

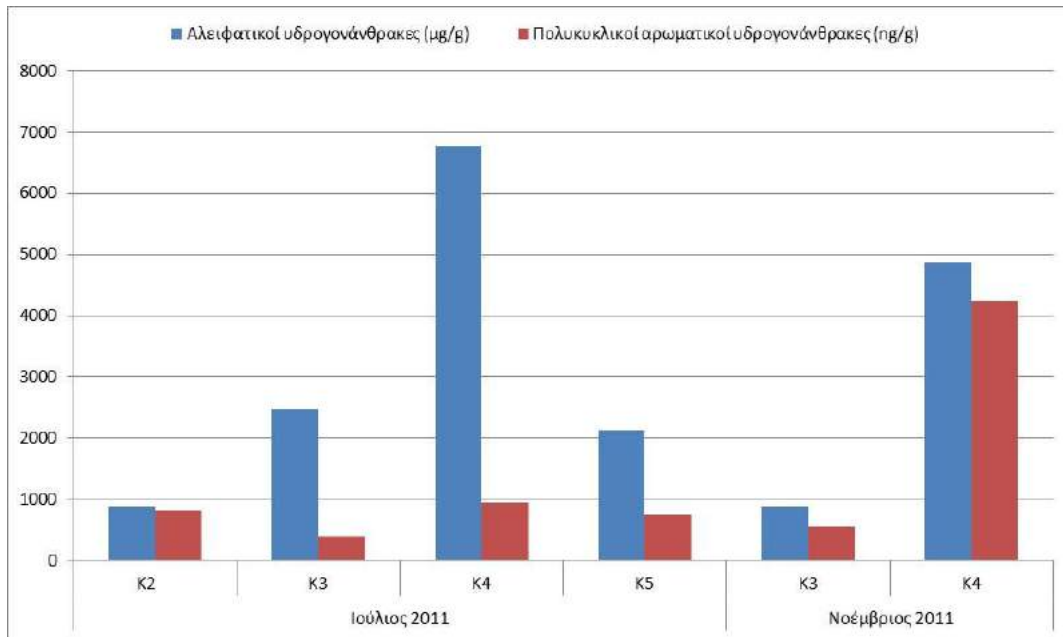
Ημερομηνία δειγματοληψίας	Σημείο δειγματοληψίας	Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (ng/g)	Αλειφατικοί υδρογονάνθρακες ( $\mu\text{g/g}$ )
25/07/2011	K2	818	868
	K3	378	2468
	K4	945	6778
	K5	743	2126
30/11/2011	K3	548	868
	K4	4235	4866



**Εικόνα 113:** Χωρική κατανομή της συγκέντρωσης των Π.Α.Υ. στο ίζημα της λίμνης Κουμουνδούρου (πηγή δεδομένων χάρτη i: Ε.Κ.Θ.Ε., 2003)



**Εικόνα 114:** Χωρική κατανομή της συγκέντρωσης των αλειφατικών υδρογονανθράκων στο ίζημα της λίμνης Κουμουνδούρου (πηγή δεδομένων χάρτη i: Ε.Κ.Θ.Ε., 2003)



**Εικόνα 115:** Συγκεντρώσεις υδρογονανθράκων στο ίζημα της Λ. Κουμουνδούρου

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η δεύτερη μεγαλύτερη τιμή των πολυκυκλικών υδρογονανθράκων που παρατηρήθηκε στη θέση K2 κατά τη δειγματοληψία του Ιουνίου 2011 και ενδέχεται να συνδέεται με την ύπαρξη των μικρότερων καρστικών πηγών που υπάρχουν στη θέση αυτή καθώς και με πιθανή επιβάρυνση από το παρακείμενο στρατόπεδο.

Πρέπει να τονιστεί επίσης, ότι οι τιμές των εν λόγω ρύπων στο ίζημα αποτελούν το διαχρονικό, αθροιστικό αποτέλεσμα της συσσώρευσης ρύπων και κατακράτησης τους από τα ιζήματα και δεν αντικατοπτρίζουν μόνο το σημερινό καθεστώς εισροής ρύπων. Μια πιο αντικειμενική εικόνα για τις σημερινές ρυπαντικές πιέσεις δίδεται από τις σχετικές αναλύσεις του νερού το οποίο έχει την ιδιότητα της γρήγορης ανανέωσης και του αυτοκαθαρισμού και επομένως της παρουσίασης των τελευταίων γεγονότων ρύπανσης. Το ίζημα αντίθετα ανταποκρίνεται με πολύ αργότερο ρυθμό στις αλλαγές των ρυπαντικών πιέσεων και ως εκ τούτου η μείωση των συγκεντρώσεων των υδρογονανθράκων σε αυτό, θα επιτευχθεί, εφόσον συνεχιστούν οι μειωμένες εισροές από τον υδροφόρο, σταδιακά και μετά την πάροδο αρκετών ετών.

## 5.8. Μικροβιολογικές αναλύσεις

### 5.8.1. Εισαγωγή

Η μικροβιακή καταλληλότητα του νερού για διάφορες χρήσεις ελέγχεται με τον εντοπισμό και τον ποσοτικό προσδιορισμό των μικροβιακών δεικτών. Οι δείκτες αυτοί αφορούν μετρήσεις παθογόνων μικροοργανισμών, η παρουσία των οποίων στο νερό υποδεικνύει κοπρανοειδή μόλυνση από λύματα ή κτηνοτροφικά απόβλητα και σχετίζονται με φαινόμενα αύξησης της θολότητας του νερού, δυσάρεστων οσμών και γρήγορης κατανάλωσης του διαλυμένου οξυγόνου. Οι κυριότεροι από τους ανωτέρω δείκτες περιλαμβάνουν την ομάδα των ολικών κολοβακτηρίων (*Total Coliform*), την ομάδα των κοπρανωδών κολοβακτηρίων (*Faecal Coliform*) και την ομάδα των κοπρανωδών στρεπτόκοκκων (*Faecal Streptococci*). Στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκε να γίνει έλεγχος της συγκέντρωσης των ολικών κολοβακτηρίων (*Total Coliform*) και των κολοβακτηρίων *E.coli*.

Τα ολικά κολοβακτήρια (*Total Coliform*) είναι αρκετά διαδεδομένα στην φύση και εντοπίζονται εκτός από τα λύματα στο χώμα και στα βυθισμένα στο νερό ξύλα, ενώ κάποια μέλη της ομάδας είναι δυνατό να αναπτυχθούν σε νερό πλούσιο σε θρεπτικά άλατα. Συνεπώς, η παρουσία τους δείχνει επιμόλυνση από εξωτερική πηγή που μπορεί να οφείλεται τόσο σε κοπρανώδη όσο και σε περιβαλλοντική (έδαφος, φύλλα) μόλυνση.

Τα κοπρανώδη κολοβακτήρια είναι μία υποομάδα των ολικών κολοβακτηρίων, έχουν προέλευση τον εντερικό σωλήνα των θερμόαιμων ζώων (μεταξύ των οποίων και του ανθρώπου) και τυπικό μέλος της ομάδας αυτής αποτελεί το *E.Coli*, η παρουσία του οποίου υποδεικνύει την ύπαρξη πρόσφατης, κοπρανώδους επιμόλυνσης, συνοδευόμενη πιθανά από εντερικά παθογόνα.

### 5.8.2. Μεθοδολογία

Για τον προσδιορισμό των ολικών κολοβακτηριδίων και της *Escherichia coli* επιλέχθηκε η μέθοδος διήθησης με μεμβράνη. Με τη μέθοδο αυτή ικανή ποσότητα νερού διηθείται δια μέσου φίλτρου, με διάμετρο πόρων 0.25μm. Για τον προσδιορισμό των ολικών κολοβακτηριδίων χρησιμοποιήθηκε η πρότυπη μέθοδος ανάλυσης APHA 9222B, η οποία ως θρεπτικό υπόστρωμα χρησιμοποιεί το M-Endo Agar Les, θερμοκρασία επώασης τους 35oC και χρόνο επώασης 22h . Για τον προσδιορισμό της *E.coli*, χρησιμοποιήθηκε ως θρεπτικό υλικό το HiCrome *E. Coli* Agar, που περιέχει ειδικό χρωμογόνο.

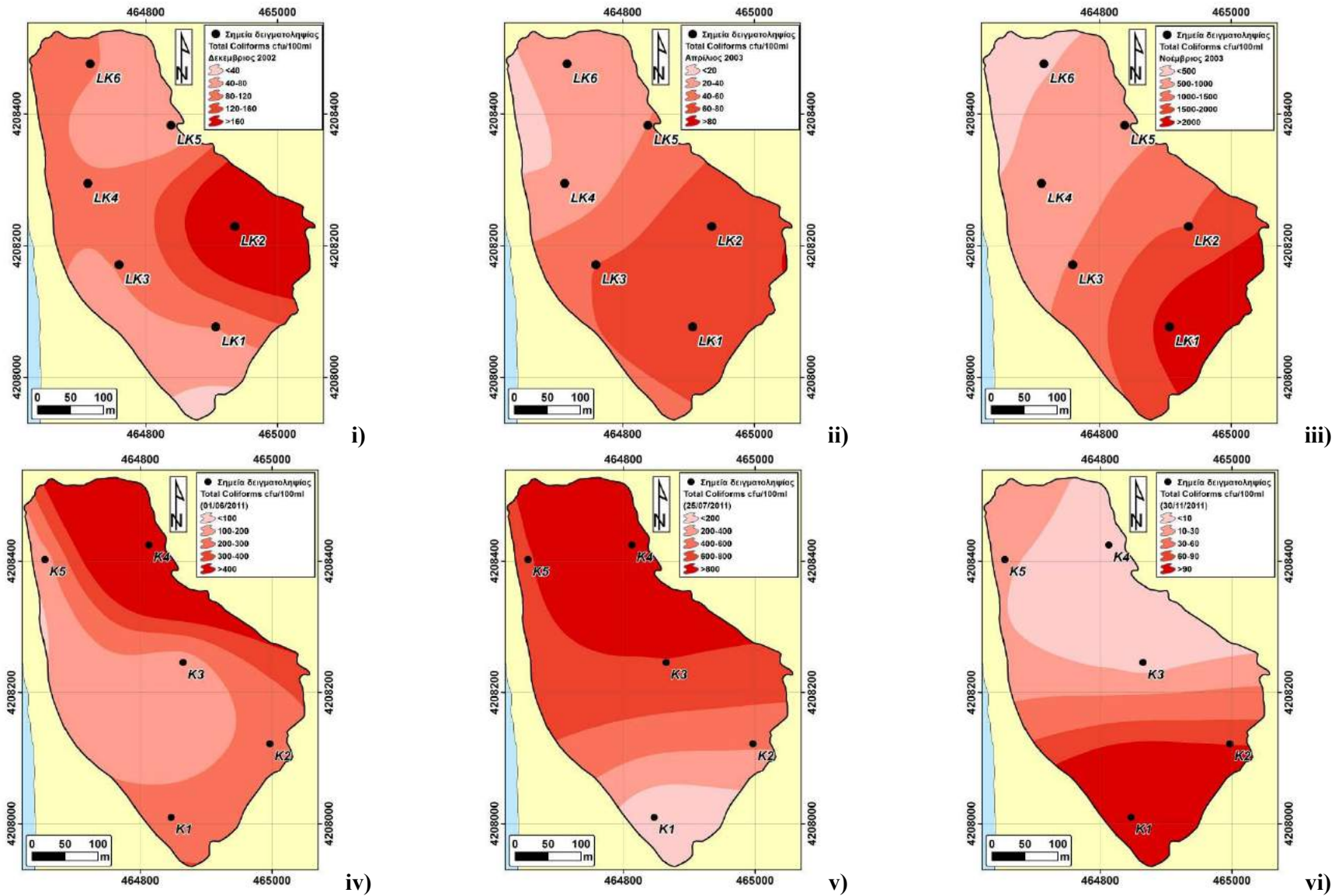
### 5.8.3. Αποτελέσματα μικροβιολογικών αναλύσεων

Με βάση τα αποτελέσματα των μικροβιολογικών αναλύσεων προκύπτει ότι οι μέγιστη συγκέντρωση των ολικών κολοβακτηρίων (*Total Coliform*) συναντάται στο βόρειο τμήμα της λίμνης Κουμουνδούρου, στην περιοχή των πηγών (σημείο δειγματοληψίας Κ4). Ιδιαίτερα στις 01/06/2011, η συγκέντρωση των ολικών κολοβακτηρίων στο σημείο δειγματοληψίας Κ4 ήταν 30.000 cfu/100ml, ενώ και στις 25/07/2011 μετρήθηκε ιδιαίτερα μεγάλη συγκέντρωση (1.000 cfu/100ml) στο ίδιο σημείο αλλά και σημαντικές συγκεντρώσεις στα υπόλοιπα σημεία δειγματοληψίας. Η ανωτέρω υψηλή συγκέντρωση ολικών κολοβακτηρίων σε σχέση και με τις συνήθεις τιμές στη λίμνη Κουμουνδούρου υποδεικνύει σαφώς την ύπαρξη κάποιου μολυσματικού γεγονότος κατά την συγκεκριμένη περίοδο, γεγονός που αποδεικνύεται και από την μικρή τιμή στο Κ4 κατά την δειγματοληψία στις 30/11/2011. Παράλληλα, με εξαίρεση το σημείο δειγματοληψίας Κ4, οι τιμές των ολικών κολοβακτηρίων στις υπόλοιπες θέσεις ήταν μεγαλύτερες στην δειγματοληψία του Ιουλίου συγκριτικά με αυτή του Ιουνίου και του Νοεμβρίου (Πίνακας 48, Εικόνα 116 iv-vi).

Η συγκέντρωση του *E.Coli* ήταν επίσης σχετικά αυξημένη στις 01/06/2011 για το σημείο δειγματοληψίας Κ4 (4 cfu/100ml), την στιγμή που η συγκέντρωση στα υπόλοιπα σημεία ήταν μηδενική. Επίσης στις 30/11/2011 οι τιμές του *E.Coli* ήταν ιδιαίτερα αυξημένες με την μεγαλύτερη τιμή να σημειώνεται στο σημείο δειγματοληψίας Κ1 (νότιο τμήμα της λίμνης) (Πίνακας 48).

**Πίνακας 48:** Συγκεντρώσεις ολικών κολοβακτηρίων (*Total Coliform*) και *E.Coli* στους σταθμούς δειγματοληψίας της λίμνης Κουμουνδούρου.

Δείγμα	Ημερομηνία δειγματοληψίας	<i>E. Coli</i> (cfu/100 ml)	<i>Total Coliforms</i> (cfu/100ml)
K1	01/06/2011	0	250
K2		0	250
K3		0	150
K4		4	30.000
K5		0	150
K1	25/07/2011	-	1
K2		-	430
K3		-	790
K4		-	1.000
K5		-	790
K1	30/11/2011	46	228
K2		6	88
K3		-	-
K4		19	0
K5		5	12



Εικόνα 116: Χωρική κατανομή της συγκέντρωσης *Total Coliforms* (cfu/100ml) (i-iii: δεδομένα από Ε.Κ.Θ.Ε., 2003)

**Πίνακας 49:** Συγκεντρώσεις ολικών κολοβακτηρίων (*Total Coliform*) και *E.Coli* κατά το 2002-2003 (Ε.Κ.Θ.Ε., 2003).

Σταθμοί	Ολικά κολοβακτηριοειδή/100ml				E.coli/100ml			
	Δεκέμβριος 2002	Απρίλιος 2003	Αύγουστος 2003	Νοέμβριος 2003	Δεκέμβριος 2002	Απρίλιος 2003	Αύγουστος 2003	Νοέμβριος 2003
ΛΚ1ε	80	68	-	2200	14	52	-	700
ΛΚ2ε	236	72	14	1500	138	20	0	380
ΛΚ3ε	82	60	-	1030	17	36	14	370
ΛΚ4ε	84	22	14	630	4	26	6	212
ΛΚ5ε	46	40	660	830	9	36	48	214
ΛΚ6ε	86	26	8	470	2	14	8	154

Αναφορικά με τη διαχρονική μεταβολή της συγκέντρωσης των ολικών κολοβακτηρίων προκύπτει ότι σήμερα οι τιμές των ολικών κολοβακτηρίων (*Total Coliform*) είναι μεγαλύτερες συγκριτικά με τις τιμές του 2003-2003 (Ε.Κ.Θ.Ε., 2003). Παράλληλα, το 2002-2003 οι μέγιστες τιμές παρατηρούνταν στο νοτιοανατολικό τμήμα της λίμνης (περιοχή των δευτερευόντων καρστικών πηγών και του παρακείμενου στρατοπέδου, Error! Reference source not found. i - iii, Πίνακας 49), ενώ σήμερα οι υψηλές συγκεντρώσεις παρατηρούνται κυρίως γύρω από τις βασικές καρστικές πηγές (στην περιοχή του Κ4) και στην θέση Κ1 που βρίσκεται πλησίον της Εθνικής Οδού. Αντίθετα, οι συγκεντρώσεις *E.Coli* στην λίμνη Κουμουνδούρου κατά το 2002-2003 ήταν σημαντικά μεγαλύτερες από ότι σήμερα, γεγονός που πιθανά υποδεικνύει ενδεχομένως την άμεση διάθεση αστικών λυμάτων εντός της λίμνης στην συγκεκριμένη περίοδο. Παρόλα αυτά, η διακύμανση των τιμών των ολικών κολοβακτηρίων υποδεικνύει την πιθανή επιβάρυνση της ποιότητας νερού της λίμνης από αστικά λύματα τα οποία ενδέχεται να διατίθενται ανεξέλεγκτα στα ρέματα της υδρολογικής λεκάνης και να διηθούνται στο έδαφος, επηρεάζοντας τον υδροφόρο ορίζοντα και κατ' επέκταση και τη λίμνη Κουμουνδούρου. Επιπρόσθετα, σε μία εκ των τριών δειγματοληψιών μικροβιακών (30/11/2011) φαίνεται να υπάρχει ανεξέλεγκτη απευθείας διάθεση αστικών λυμάτων στη θέση Κ1.

## 5.9. Ιχθυοπανίδα

Η ιχθυοπαγίδα μιας μικρής παράκτιας λιμνοθάλασσας ή και ακόμη ενός βαρέως τροποποιημένου υδάτινου σώματος όπως είναι η Λίμνη Κουμουνδούρου έχει τεράστιο ενδιαφέρον για τον προσδιορισμό της "κατάστασης διατήρησης" του οικοσυστήματος και της αξιολόγησης της "οικολογικής κατάστασης" από τη σκοπιά της οικολογικής ποιότητας του υδάτινου σώματος. Συνεπώς η έρευνα της ιχθυοπανίδας οφείλει να γίνεται συστηματικά και με τρόπο που μπορεί να ανιχνεύσει και να ερμηνεύσει τις περιβαλλοντικές αλλαγές.

### 5.9.1. Παλαιότερες μελέτες

Με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης του Ε.Κ.Θ.Ε. (1994), το 98% των ψαριών της λίμνης αποτελούνταν από κεφαλοειδή (*Mugil cephalus* και *Liza saliens*). Ιδιαίτερα μεγάλος ήταν και ο αριθμός του γόνου (μεγέθους 0,5 - 70,0 mm) των ειδών αυτών που εντοπίστηκαν στην λίμνη κατά την καλοκαιρινή περίοδο, γεγονός που υποδηλώνει ότι η λίμνη αποτελούσε τόπο αναπαραγωγής. Παράλληλα, στην λίμνη εντοπίστηκε σημαντικός αριθμός χελιών (*Anguilla anguilla*) βάρους 300-500 gr.

### 5.9.2. Μεθοδολογία

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν με δίχτυ γόνου, μήκους 7 m, πλάτους 2 m και άνοιγμα ματιού 2 mm. Τα βασικά σημεία δειγματοληψίας που επιλέχθηκαν ήταν τα εξής τρία: το Site 1 κοντά στον θυροφραγμό της λίμνης, το Site 2 στο σημείο "βαλτόπαπιες" του ορμίσκου δυτικά της λίμνης και το Site 3 δίπλα στο παλιό αντλιοστάσιο, (μπροστά και δεξιά από την έκταση που χρησιμοποιείται ως χώρος στάθμευσης). Σε καθέναν από αυτούς τους σταθμούς πραγματοποιούνταν τρεις έως πέντε επαναλαμβανόμενες σύρσεις του δικτιού σαρώνοντας από 4 μέτρα, το ελάχιστο, τον πυθμένα κατά μήκος της ακτής της λίμνης. Η διακύμανση αυτή στην κατά μήκος σύρση διέφερε, διότι ο πυθμένας και κατ' επέκταση το βάθος της λίμνης ποικίλει ανάλογα τον σταθμό δειγματοληψίας. Επίσης, κατά τους θερινούς μήνες με την άνθηση της υδρόβιας βλάστησης κατέστη πολύ δύσκολη η δειγματοληψία με αυτή τη μέθοδο.

Τα σημεία δειγματοληψιών (Εικόνα 117) παρέμειναν σταθερά σε όλες τις δειγματοληψίες και είναι τρία:



1. Στο βορειοδυτικό τμήμα της Λίμνης δίπλα στο παλιό κτήριο «Μαρμαράδικο». Σχετικά κοντά και σε πηγαίες εκφορτίσεις αλλά και στον παρακείμενο θυροφραγμό στην διάωρυγα επικοινωνίας με τη θάλασσα.
2. Στον μικρό, αβαθές μυχό μέσα στον Καλαμιώνα, στο ανατολικό τμήμα της Λίμνης.
3. Στο νότιο σημείο, δίπλα στην «στρατιωτική μπάρα».



**Εικόνα 117:** Θέσεις συστηματικής δειγματοληψίας ψαριών στην Λίμνη Κουμουνδούρου.

Διενεργήθηκαν πέντε δειγματοληψίες ψαριών, που συνοδεύθηκαν από καταγραφή των βιοτόπων των ψαριών που διαβιούν στο υδάτινο οικοσύστημα. Με τις δειγματοληψίες αυτές επιδιώχθηκαν: α) η επιλογή των καλύτερων θέσεων δειγματοληψίας, β) η καταγραφή όλων των ειδών της λίμνης και γ) η πρώτη εκτίμηση της αφθονίας των ειδών στο σύστημα. Παράλληλα με τις δειγματοληψίες στους τρεις βασικούς σταθμούς πραγματοποιήθηκαν και σε επιπλέον τρεις θέσεις, για επιβεβαίωση του αριθμού - των ειδών των δειγμάτων καθώς και της μεθόδου, αυτή την φορά με σύρση απόχης σε διαδοχικά σημεία, τόσο παράλληλα με την όχθη όσο και από την όχθη προς το κέντρο της λίμνης.

Στα πλαίσια των ανωτέρω δειγματοληψιών ένα μέρος του δείγματος των ψαριών που αλιεύτηκε διατηρήθηκε για μετέπειτα εργαστηριακή εξέταση. Η διατήρηση έγινε με διάλυμα αλκοόλης υψηλής καθαρότητας (98%), με σκοπό το δείγμα αφενός να μπορεί να εξεταστεί με τις κλασικές συστηματικές

μεθόδους αναγνώρισης των ειδών, αλλά και αφετέρου να είναι κατάλληλα προετοιμασμένο για περαιτέρω γενετικές αναλύσεις.

### 5.9.3. Αποτελέσματα

#### Γενικά χαρακτηριστικά για τα είδη ψαριών της Λίμνης

Στο αρχικό στάδιο αυτής της έρευνας διερευνήθηκαν στοιχεία για το σύνολο των ειδών που διαβιούν στη Λίμνη. Βρέθηκαν μόνο τρία είδη στην Λίμνη. Η εισχώρηση ειδών θαλάσσιας προέλευσης (κεφαλόπουλα, σαλιάρες, γωβιοί, λαυράκια, αθερίνα κ.α.) που θα απαντούσαν κανονικά σε τυπικές συνθήκες παράκτιας λιμνοθάλασσας με ανοιχτό διάυλο επικοινωνίας δεν απαντούν πια στη λίμνη παρότι υπάρχουν ενδείξεις παρουσίας τους στο πρόσφατο παρελθόν. Σήμερα υπάρχει ανυψωμένος θυροφραγμός στο διάυλο εκροής της λίμνης προς τη θάλασσα και το μόνο είδος που μπορεί να παρακάμψει αυτό το τεχνητό εμπόδιο είναι το χέλι.

Η έρευνα προσδιορισμού ειδών απευθύνθηκε στο σύνολο της ιχθυοπανίδας της λίμνης άλλα επικεντρώθηκε σε ένα ενδημικό είδος ψαριού (Εικόνα 118) που ανήκει στο γένος *Aphanius*, γεγονός που έχει μεγάλο οικολογικό ενδιαφέρον καθώς και ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη βιοποικιλότητα. Πρόκειται για μικρά ψάρια που διαβιούν σε λιμνοθάλασσες, παράκτιες πηγαίες λίμνες και υγρότοπους.

Η συστηματική ταξινόμηση του συγκεκριμένου ψαριού είναι υπό διερεύνηση, με το είδος να έχει φαινομενικά ορισμένες ομοιότητες με τους Αιγιακούς πληθυσμούς του διαδεδομένου *Aphanius fasciatus* (κοινώς Ζαμπαρόλα). Αρχικά υπήρξαν μάλιστα υποψίες ότι το είδος ομοιάζει επίσης και με ένα εξαιρετικά σπάνιο είδος (*Aphanius almiriensis*) που ανακαλύφθηκε στα Λουτρά Ωραίας Ελένης (Κορινθίας) μόλις πριν λίγα χρόνια. Δυστυχώς ο πληθυσμός του είδους αυτού στα Λουτρά Ωραίας Ελένης έχει εξαφανιστεί λόγω διαταραχής του υδρολογικού καθεστώτος του υγροτόπου. Τα είδη των ψαριών που ανήκουν στο γένος *Aphanius* στην Ελλάδα αποτελούν προστατευόμενα είδη και απαντώνται στο παράρτημα της Οδηγίας για τους Οικοτόπους 92/43/ΕΕ. Η κατανομή του *Aphanius fasciatus* στην Αττική έχει εντοπιστεί μόνο σε τρία σημεία: στην λίμνη Κουμουνδούρου, στον υγρότοπο της Λιμνοθάλασσας Βουρκάρι καθώς και στην Λιμνοθάλασσα Σκάλας Ωρωπού.



**Εικόνα 118:** Το ιδιόμορφο μικρό ψάρι (*Aphanis* sp.) που ανακαλύφθηκε στην Λίμνη Κουμουνδούρου. Διερευνάται η συστηματική ταξινόμηση του είδους για τον ακριβή προσδιορισμό του.

Ο πληθυσμός του *Aphanis fasciatus* της λίμνης Κουμουνδούρου είναι σχετικά μικρός και χρήζει προσεκτικής έρευνας. Στην Λίμνη απαντούν επίσης και δύο άλλα είδη ψαριών. Το πιο κοινό είδος είναι το κουνουπόψαρο (*Gambusia holbrooki*), ένα ξενικό (αλλόχθονο) μικρό ψάρι που εισάχθηκε από την Αμερική για την καταπολέμηση της ελονοσίας. Αυτό το ξενικό είδος είναι το πλέον διαδεδομένο ψάρι τόσο στην Ελλάδα, όσο και στη νότια Ευρώπη. Το κουνουπόψαρο που αφθονεί και στην λίμνη, αποτελεί σημαντική τροφή για αρκετά είδη ιχθυοφάγων πουλιών. Ωστόσο, ως ξενικό είδος, το πιθανότερο είναι να προκαλεί προβλήματα στους πληθυσμούς του *Aphanis fasciatus* καθώς μοιράζονται το ίδιο ενδιαίτημα και παρόμοιες πηγές τροφής.

Τέλος, το Χέλι (*Anguilla anguilla*) είναι ένα από τα σημαντικότερα ψάρια της λίμνης, εντούτοις όμως σήμερα συναντάται αρκετά πιο σπάνια από ότι στο παρελθόν. Σε παγκόσμιο επίπεδο ο πληθυσμός αυτού του άλλοτε κοινού είδους, έχει μειωθεί δραματικά. Στην λίμνη το είδος παρατηρήθηκε κοντά στον μεταλλικό θυροφραγμό και στον κανάλι επικοινωνίας της λίμνης με την θάλασσα. Προφανώς ο υφιστάμενος θυροφραγμός εμποδίζει μέχρι ένα σημείο την ελεύθερη έλευση χελιών, από και προς τη λίμνη. Πρέπει να τονιστεί ότι το χέλι είναι ένα κατάδρομο είδος που εισέρχεται από την θάλασσα στα εσωτερικά νερά όπου και μεγαλώνει για τουλάχιστον 7 έως 10 χρόνια. Κατόπιν το είδος μεταναστεύει

πίσω στην θάλασσα και συγκεκριμένα στους τόπους αναπαραγωγής του, στην Θάλασσα των Σαργασών στον Ατλαντικό Ωκεανό.

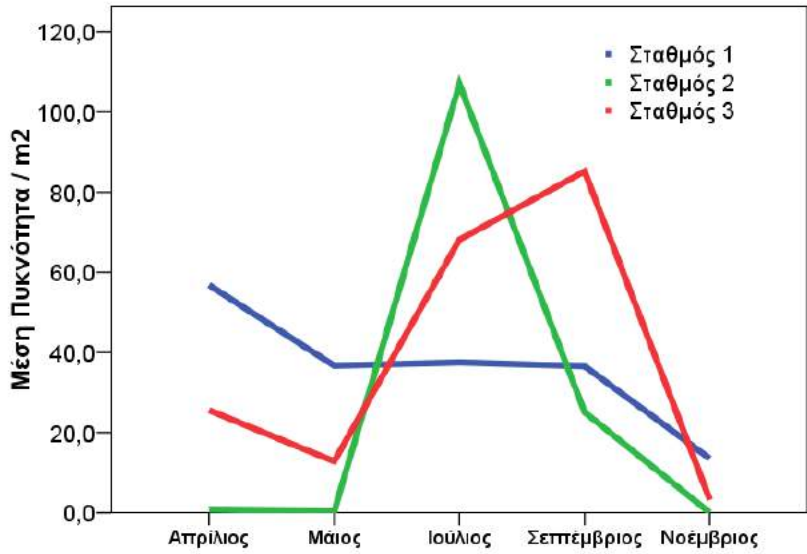
#### 5.9.4. Αποτελέσματα της παρακολούθησης ιχθυολογικών παραμέτρων

Συνολικά αλιεύθηκαν 8.145 άτομα ψαριών, εκ των οποίων τα 7.771 άνηκαν στο είδος *G. holbrooki*, ενώ μόλις τα 374 στο είδος *A. fasciatus*. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 50) παρουσιάζονται συνοπτικά τα συνολικά δεδομένα για την πυκνότητα και την αφθονία των ψαριών στους τρεις σταθμούς δειγματοληψίας. Ο σταθμός με την μεγαλύτερη αφθονία και πυκνότητα ήταν ο σταθμός 3 όπου συνολικά πιάστηκαν 3.118 άτομα (389/m<sup>2</sup>), ενώ ο σταθμός με την μικρότερη αφθονία και πυκνότητα ήταν ο σταθμός 2 με 2130 άτομα (266,3/ m<sup>2</sup>).

**Πίνακας 50:** Περιγραφικά στατιστικά δεδομένα για τους σταθμούς δειγματοληψίας.

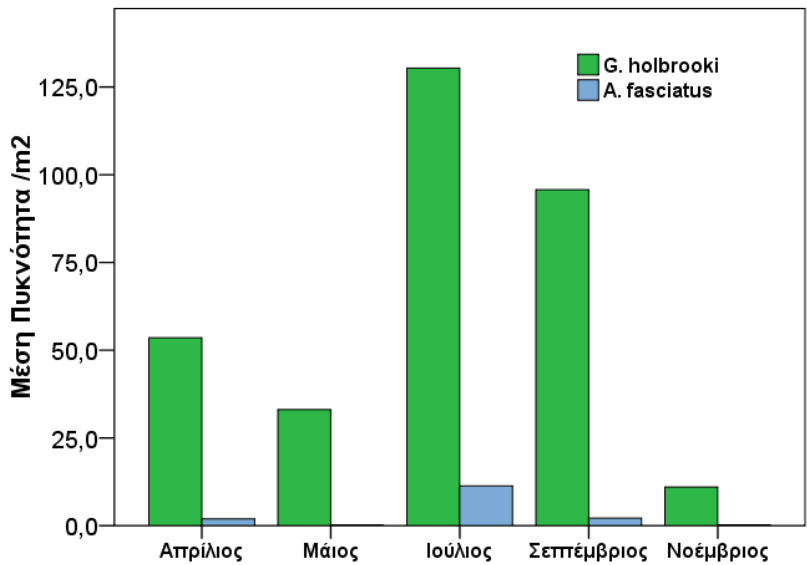
Σταθμός	Παράμετροι	N	Εύρος	Ελάχιστο	Μέγιστο	Άθροισμα	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Διακύμανση
Σταθμός 1	Πυκνότητα / m <sup>2</sup>	10	108,8	0,0	108,8	362,1	36,2	39,1	1526,8
	Αφθονία	10	870,0	0,0	870,0	2897,0	289,7	312,6	97717,1
Σταθμός 2	Πυκνότητα / m <sup>2</sup>	10	212,5	0,0	212,5	266,3	26,6	67,1	4508,0
	Αφθονία	10	1700,0	0,0	1700,0	2130,0	213,0	537,1	288510,7
Σταθμός 3	Πυκνότητα / m <sup>2</sup>	10	165,9	0,1	166,0	389,8	39,0	57,8	3336,2
	Αφθονία	10	1327,0	1,0	1328,0	3118,0	311,8	462,1	213519,1

Στο Παράρτημα ΙΙΙ παρουσιάζεται πίνακας με τα περιγραφικά στατιστικά δεδομένα για τους σταθμούς δειγματοληψίας σε κάθε δειγματοληπτική επίσκεψη. Τονίζουμε ότι οι μεγαλύτεροι αριθμοί ψαριών συλλέχθηκαν τους θερινούς μήνες. Αυτό είναι σαφές και από τις συλλήψεις του συνόλου των ειδών, όπου διαγράφεται με σημαντική έξαρση πληθυσμιακής πυκνότητας κατά τους θερινούς μήνες (Ιούλιος-Σεπτέμβριος) (βλ. Εικόνα 119).

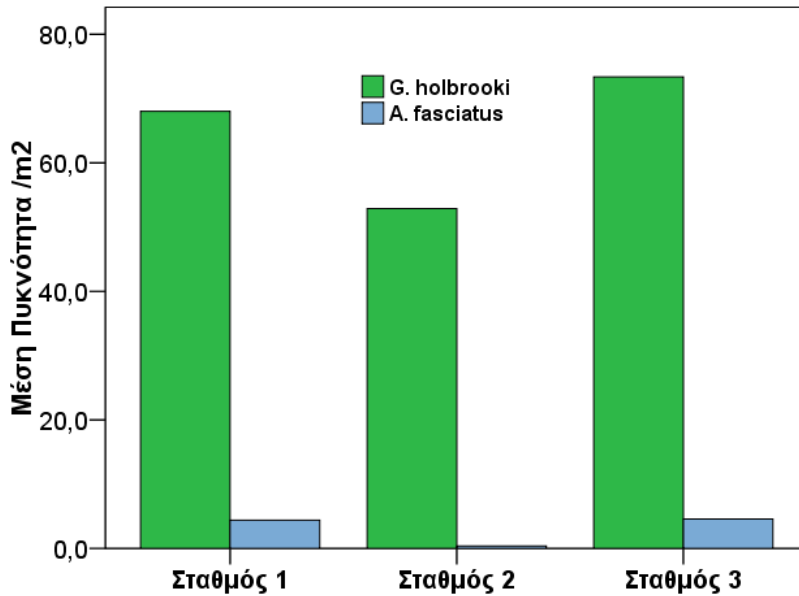


**Εικόνα 119:** Μέση πυκνότητα και των δύο ειδών στους τρεις δειγματοληπτικούς σταθμούς. Διαγράφεται με σημαντική έξαρση πληθυσμιακής πυκνότητας κατά τους θερμούς μήνες (Ιούλιος-Σεπτέμβριος).

Το Κουνουπόψαρο (*G. holbrooki*) επικρατούσε αριθμητικά έναντι της Ζαμπαρόλας (*A. fasciatus*) σε όλες τις δειγματοληπτικές επισκέψεις και σε όλους τους σταθμούς (Εικόνα 120 και Εικόνα 121).

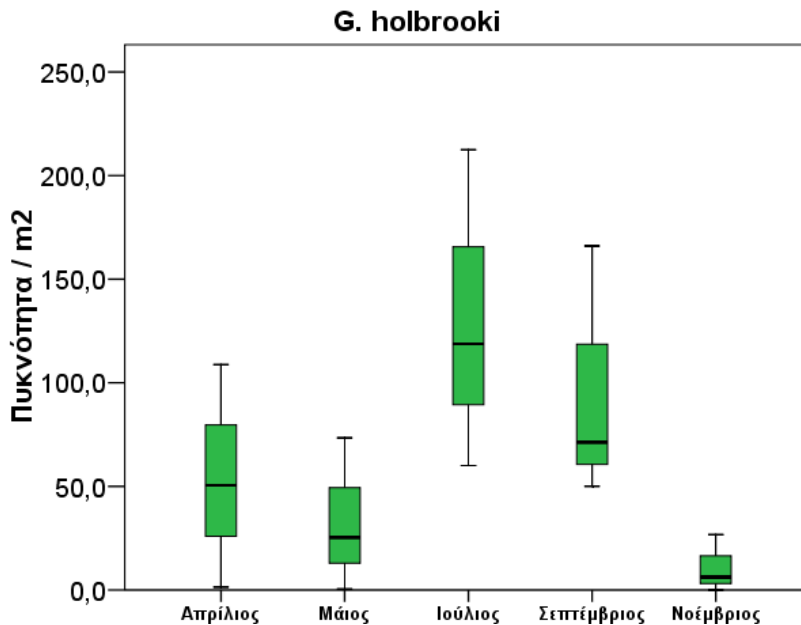


**Εικόνα 120.** Μέση πυκνότητα του *G. holbrooki* και *A. fasciatus* κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.

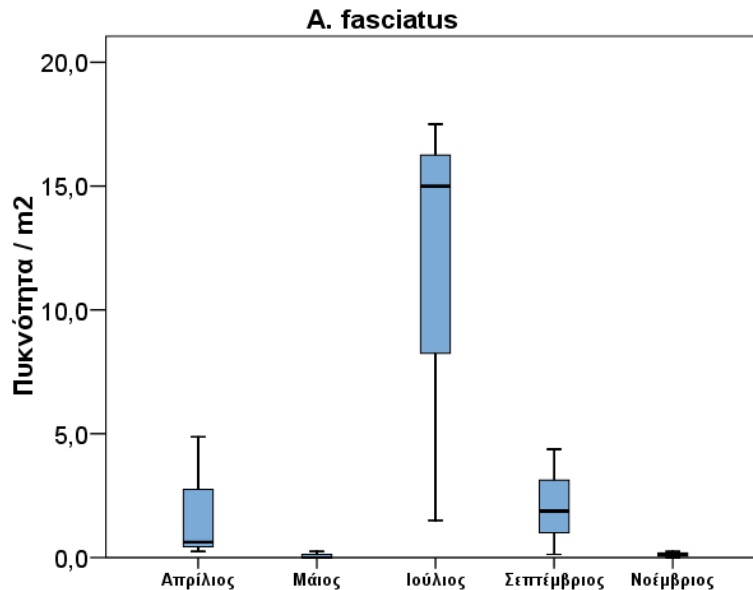


**Εικόνα 121.** Μέση πυκνότητα του *G. holbrooki* και *A. fasciatus* στους σταθμούς δειγματοληψίας.

Η πυκνότητα και των δύο ειδών αυξήθηκε κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Αυτό παρουσιάζει ιδιαίτερο λιμνολογικό ενδιαφέρον και ενώ υπάρχουν υποψίες για την ερμηνεία του φαινομένου πρέπει να συσχετιστεί με τον βιολογικό κύκλο των ειδών, τους τοπικούς φυσικο-χημικούς και άλλους περιβαλλοντικούς παραμέτρους για να ερμηνευθεί.



**Εικόνα 122.** Πυκνότητα του *G. holbrooki* κατά τις δειγματοληπτικές επισκέψεις.



**Εικόνα 123.** Πυκνότητα του *A. fasciatus* κατά τις δειγματοληπτικές επισκέψεις.

## 5.10. Ορνιθοπανίδα

### 5.10.1. Γενικά

Η Λίμνη Κουμουνδούρου παρά τα σοβαρά προβλήματα ρύπανσης και την αλλοίωση της φυσικής υδρομορφολογικής κατάστασης της, φιλοξενεί πολλά είδη πουλιών μεταξύ των οποίων και πολλά απειλούμενα και προστατευόμενα είδη. Η ορνιθοπανίδα της λίμνης της προσδίδει ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως αξιόλογη προστατευόμενη περιοχή για την βιοποικιλότητα. Η έρευνα της ορνιθοπανίδας όμως δεν έχει ολοκληρωθεί και οι μετρήσεις πληθυσμών είναι αποσπασματικές. Μία ανασκόπηση το 2010 από την Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρία (ΕΟΕ) και το ΕΛΚΕΘΕ κατέγραψε 74 διαφορετικά είδη πουλιών στην περιοχή της Λίμνης (ΕΟΕ/ΕΛΚΕΘΕ, αδημοσίευτη έρευνα 2010). Κατά τις 6 επισκέψεις που πραγματοποίησε η ομάδα έργου το 2011, καταγράφηκαν 57 είδη, και εισήλθαν περίπου 15 νέα είδη στον κατάλογο των γνωστών ειδών της Λίμνης. Ως τα μέσα του 2012 είχαν καταγραφεί 70 είδη από την ομάδα του ΕΛΚΕΘΕ στην περιοχή (σε 10 επισκέψεις). Συνολικά τα επιβεβαιωμένα είδη που έχουν προσδιοριστεί στη Λίμνη ανέρχονται σήμερα περίπου 105. Προφανώς η ορνιθοπανίδα της λίμνης δεν είναι καλά μελετημένη και ο συνολικός αριθμός ειδών είναι βέβαιο ότι θα αυξηθεί μετά από συστηματική μελέτη ή πιο τακτικές επισκοπίσεις από ορνιθολόγους. Στην παρούσα Τεχνική Έκθεση

εστιάζουμε κυρίως στα πρώτα αποτελέσματα των καταγραφών της παρούσας μελέτης καθώς και σε χρηστικά συμπεράσματα που δίνει η ερμηνεία των καταμετρήσεων της συγκεκριμένης έρευνας.

### **Ορνιθολογική παρακολούθηση κατά το παρελθόν**

Επειδή τα πουλιά αποτελούν καλούς ενδείκτες της ακεραιότητας και φυσικότητας του τοπίου, μπορούν να βοηθήσουν στην διάγνωση και αξιολόγηση της κατάστασης διατήρησης των βιοτόπων. Δυστυχώς ελάχιστα είναι γνωστά για την ορνιθοπανίδα της περιοχής της Λίμνης Κουμουνδούρου για να μπορούν να εξαχθούν ερμηνείες για τις διαχρονικές πληθυσμιακές αλλαγές των ειδών. Το μοναδικό πρόγραμμα παρακολούθησης ορνιθοπανίδας που έχει εφαρμοστεί στην περιοχή ανήκει στην Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρία (ΕΟΕ) και ξεκίνησε το 2009.

Το 2009 καταγράφηκαν 38 είδη πουλιών εκ των οποίων τα περισσότερα είναι υδρόβια πουλιά και χαραδριόμορφα (κυρίως γλάροι, γλαρόνια) που χρησιμοποιούν τη Λίμνη Κουμουνδούρου για να διαχειμάσουν ή για να σταθμεύσουν κατά τις μεταναστευτικές περιόδους. Αρκετά από αυτά τα είδη είναι σπάνια, απειλούμενα και προστατευόμενα. Από τα 38 είδη τα 5 ανήκουν στο παράρτημα Ι της Οδηγίας για τα πουλιά 79/409 (ΕΟΕ, 2009). Αυτά είναι: η Αλκυόνη (*Alcedo atthis*), η Βαλτόπαπια (*Aythya nyroca*), η Αετογερακίνα (*Buteo rufinus*), ο Λευκοτσικνιάς (*Egretta garzetta*) και ο Μαυροκέφαλος γλάρος (*Larus melanocephalus*). Η Αετογερακίνα, η Βαλτόπαπια, ο Μαυροκέφαλος Γλάρος και ο Καπακλής, συγκαταλέγονται στις λίστες του Κόκκινου Βιβλίου (2009) με το Μαυροκέφαλο Γλάρο ως κινδυνεύον (EN) και τα υπόλοιπα τρία ως τρωτά (VU). Η λίμνη παρουσιάζει τον μεγαλύτερο αριθμό παρατηρημένων υδροβίων πουλιών (κυρίως Φαλαρίδες) σε σχέση με τους υπόλοιπους υγροτόπους της Αττικής. Η περιοχή έχει αρκετά σημαντικό τοπικό ενδιαφέρον για υδρόβια πουλιά. Τα 1060 άτομα Φαλαρίδας το Δεκέμβριο του 2008 ήταν από τις πιο ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις σε ολόκληρη την Αττική ενώ στη λίμνη αναπαράγονται η Νερόκοτα, η Φαλαρίδα και το Νανοβουτηχτάρι (ΕΟΕ 2009). Δυστυχώς αυτά είναι τα μοναδικά επιστημονικά στοιχεία που υπάρχουν για να ορίσουν συνθήκες αναφοράς ως προς τους πληθυσμούς πουλιών στην περιοχή.

#### **5.10.2. Μέθοδος καταγραφών ορνιθοπανίδας**

Για την εφαρμογή των καταγραφών ορνιθοπανίδας ακολουθηθήκαν γνωστοί μέθοδοι ταχείας απογραφής και καταμέτρησης που ταιριάζουν για την παρακολούθηση πουλιών σε υγροτόπους μικρού μεγέθους. Απώτερος στόχος ήταν η ολοκληρωμένη καταμέτρηση όλων των ειδών που διαφαίνονται σε



ένα διάστημα τριών ωρών παραμονής στη Λίμνη σε κάθε επίσκεψη. Ακολουθήθηκαν δύο μέθοδοι εντοπισμού των ειδών:

1. Παραλλαγή Γραμμικής διαδρομής (Line transects).

Περιγραφή: Πεζοπορούν δυο παρατηρητές κοντά στην όχθη της Λίμνης από το σημείο της «Στρατιωτικής Μπάρας» έως το «Μαρμαράδικο» και πίσω. Γίνονται τακτικές στάσεις για καταμέτρηση. Η μέθοδος μπορεί να δώσει ικανοποιητικές εκτιμήσεις σχετικής αφθονίας. Εφαρμόζεται κυρίως σε ανοιχτούς βιοτόπους και σε μη-κρυπτικά, ημερόβια είδη.

2. Μέθοδος επισκόπησης - εύρεσης ("Look and see").

Περιγραφή: Η μέθοδος αφορά σε ορνιθολογικές καταγραφές από επιλεγμένες θέσεις-διαδρομές με βάση την προηγούμενη γνώση της περιοχής ή τις απαιτήσεις σε ενδιαίτημα των υπό εξέταση ειδών. Ο ερευνητής επιλέγει εκ των προτέρων τις πλέον κατάλληλες θέσεις ή διαδρομές -κατά την κρίση του. Εκτιμάται ότι είναι η πλέον κατάλληλη μέθοδος για την ταχεία ορνιθολογική αξιολόγηση περιοχών, αφού επιτρέπει την γρήγορη ορνιθολογική αναγνώρισή τους αξιοποιώντας στο μέγιστο βαθμό την υφιστάμενη γνώση για κάθε περιοχή.

Η τελευταία μέθοδος συνδυασθηκε με την προηγούμενη διότι απαιτείται εκτίμηση πληθυσμιακής πυκνότητας ή σχετικής αφθονίας για όλη την λίμνη και την παρόχθια ζώνη της σε κάθε επίσκεψη. Ένα μικρό δασύλλιο σε επιχωματωμένο έλος στο νότιο τμήμα της λίμνης συχνά ελέγχεται με τη μέθοδο Look-See σε αυτή την περιοχή.

Κατά τις καταγραφές της ορνιθοπανίδας ένας από τους ερευνητές, έμπειρος ορνιθολόγος, χρησιμοποιούσε κιάλια (10X50 Zeiss) και σημειωματάριο και προσδιόριζε και καταμετρούσε πουλιά σε όλη την περιοχή μελέτης για τουλάχιστον τρεις ώρες στο διάστημα παραμονής της ερευνητικής ομάδας στην Λίμνη. Συνήθως η χρονική στιγμή για τις καταμετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο χρονικό παράθυρο 10:30 έως 17:30 περίπου τους χειμερινούς μήνες και αρκετά πιο νωρίς του θερινούς μήνες. Σε αυτό το διάστημα πραγματοποιούνταν κάθε φορά η πεζοπορία επί της γραμμικής διαδρομής (1 km απόσταση την φορά) με καθιερωμένες στάσεις καταμετρήσεων υδροβίων/παρυδάτιων πουλιών σε τουλάχιστον τέσσερα υπερυψωμένα σημεία (Εικόνα 124).

Παρότι οι καταγραφές έγιναν από τον ίδιο ορνιθολόγο κάθε φορά και με παρόμοιο τρόπο έτσι ώστε να γίνεται σε κάθε επίσκεψη επισκόπηση όλων των αντιπροσωπευτικών ενδιαιτημάτων, με έμφαση στα υγροτοπικά ενδιαίτηματα, υπάρχουν κάποιες εν γένει αδυναμίες στην μέθοδο καταγραφών. Αυτές οι αδυναμίες αναφέρονται παρακάτω:

- Οι καταγραφές αφορούν μια προσπάθεια συνολικής άθροισης του πληθυσμού κάθε είδους στη λίμνη και δεν υπάρχουν επιμέρους σημειακές καταμετρήσεις που να δίνουν στοιχεία ειδικά για ορισμένα γεωγραφικά τμήματα ή τύπους ενδιαιτημάτων.
- Οι παρατηρήσεις/καταγραφές γίνονται σχετικά αργά, δηλ. από της 10:30 το πρωί έως 17:30 το απόγευμα. Συνεπώς αντίθετα με άλλες προσπάθειες παρακολούθησης πουλιών δεν γίνονται της πρώτες ώρες μετά την ανατολή του ηλίου. Επίσης λείπουν καταγραφές το σούρουπο όπου μπορούσαν να προσδιοριστούν και να καταμετρηθούν πουλιά που κουρνιάζουν στη Λίμνη.
- Δεν χρησιμοποιήθηκε τηλεσκόπιο. Η λίμνη είναι μικρή, όμως η χρήση τηλεσκοπίου μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό ορισμένων ειδών ακόμη και σε μια τέτοια περιοχή. Συνεπώς δεν έγινε εξονυχιστική προσπάθεια έρευνας των υδρόβιων/παρυδάτιων πουλιών για να εντοπισθούν τυχόν σπάνια είδη.
- Μόνο ένας ορνιθολόγος συμμετάσχει στην αναζήτηση, προσδιορισμό πουλιών κάθε φορά. Παρότι σχεδόν πάντα ήταν δύο άτομα που παρατηρούσαν πουλιά μόνο ένας ήταν ο έμπειρος ορνιθολόγος.

Παρόλο που εντοπίζονται οι παραπάνω παραδοχές και αδυναμίες σχετικά με την ένταση της αποτελεσματικής κάλυψης, η μέθοδος έχει στοιχεία συστηματικής κάλυψης και επαναλαμβάνεται κάθε φορά με παρόμοιο τρόπο. Επίσης λόγω του μικρού μεγέθους του υγρότοπου και της καλής ορατότητας σε όλη σχεδόν την περιοχή από διάφορα σημεία θέας – η λίμνη προσφέρεται για «συνολική καταμέτρηση» των πληθυσμών. Αυτό μας δίνει τη δυνατότητα να αναφερόμαστε σε ποσοτική καταμέτρηση που έχει ιδιαίτερη αξία στην επιστημονική παρακολούθηση.



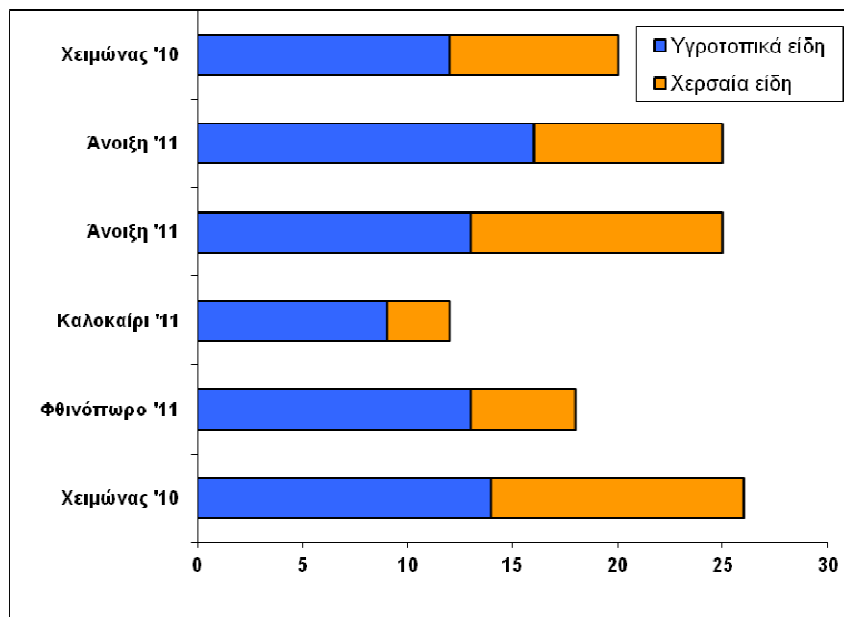
**Εικόνα 124.** Η Γραμμική διαδρομή (Line transect) καταγραφής ορνιθοπανίδας παράλληλα της δυτικής και βόρειας όχθης της Λίμνης Κουμουνδούρου παρουσιάζεται με κίτρινη γραμμή (1 χλμ μήκος). Με διακεκομμένη γραμμή παρουσιάζεται η παραλλαγή της έρευνας-καταγραφής στην νότια όχθη με την μέθοδο Look-See. Με σύμβολα αστερία αναφέρονται τέσσερα σημεία όπου γίνονται μετρήσεις υδρόβιων/παρυδάτιων πουλιών.

### 5.10.3. Ποικιλότητα Ειδών και πληθυσμοί ορνιθοπανίδας

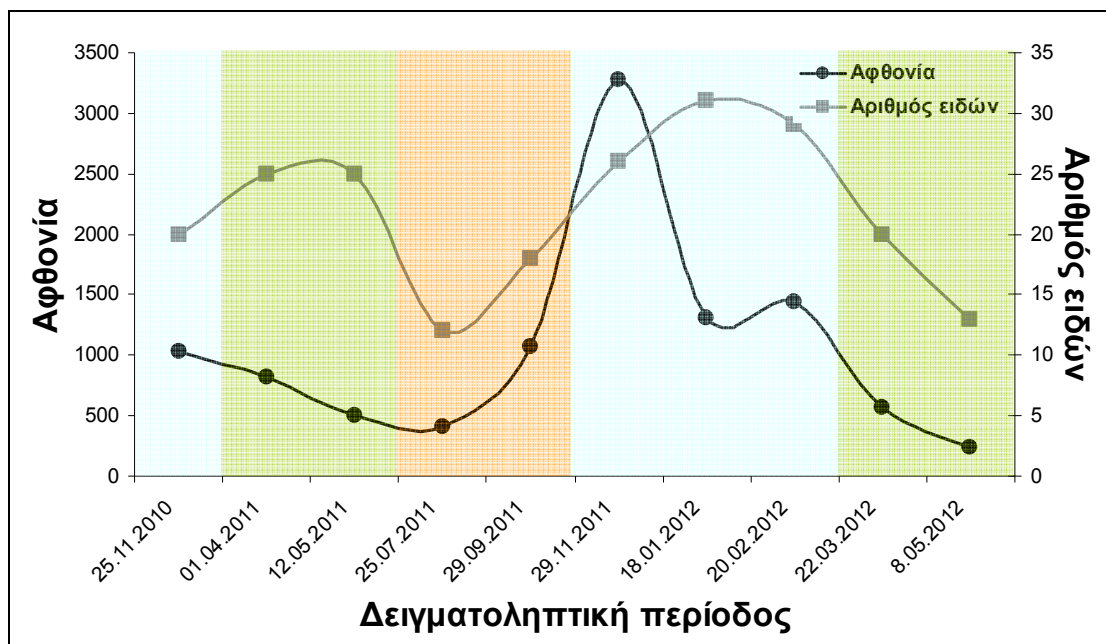
Στο παράρτημα παρατίθενται ενδεικτικά οι καταμετρήσεις πληθυσμών 57 ειδών πουλιών σε έξι επισκέψεις καταγραφών στη Λίμνη Κουμουνδούρου το 2011. Ο αριθμός ειδών ανά επίσκεψη ποικίλει αρκετά μέσα στις εποχές (Εικόνα 127). Διαφαίνεται ότι το χειμώνα παρατηρούμε τους μεγαλύτερους αριθμούς ειδών και πληθυσμούς πουλιών. Υπάρχει μια αισθητή μείωση κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Τα υγροτοπικά είδη πουλιών (παρυδάτια, υδρόβια και άλλα είδη που διαβιώνουν σε υγροτοπικούς οικοτόπους) επίσης μειώθηκαν κατά την θερινή καταγραφή του 2012 αλλά και σε κάποιες περιόδους της άνοιξης επίσης. Αυτό πιθανώς αποδίδεται στο σχετικά μικρό αριθμό ειδών που αναπαράγονται στη Λίμνη, και είναι εν μέρει απόρροια της τοπικής υποβάθμισης της φυσικότητας και ακεραιότητας ορισμένων υγροτοπικών ενδιαιτημάτων (π.χ. έλλειψη παρόχθιων ελών, έλλειψη διακύμανση στάθμης κ.α.). Η χωρική έκταση που καλύπτουν ορισμένα σημαντικά παρόχθια ενδιαιτήματα είναι εξαιρετικά

περιορισμένη για να προσελκύσει μεγάλο αριθμό ειδών πουλιών να αναπαράγονται σε έναν τόσο μικρό υγρότοπο. Μόλις 11 είδη (19% των ειδών) που έχουν καταγραφεί στις έξι επισκέψεις θεωρούνται επιδημητικά είδη (είδη που παραμένουν στην περιοχή όλο το έτος), ενώ τα υπόλοιπα 46 είναι μεταναστευτικά ή δεν διαμένουν όλο το χρόνο στην περιοχή διότι σε κάποιο διάστημα αποδημούν σε άλλες περιοχές (Εικόνα 125).

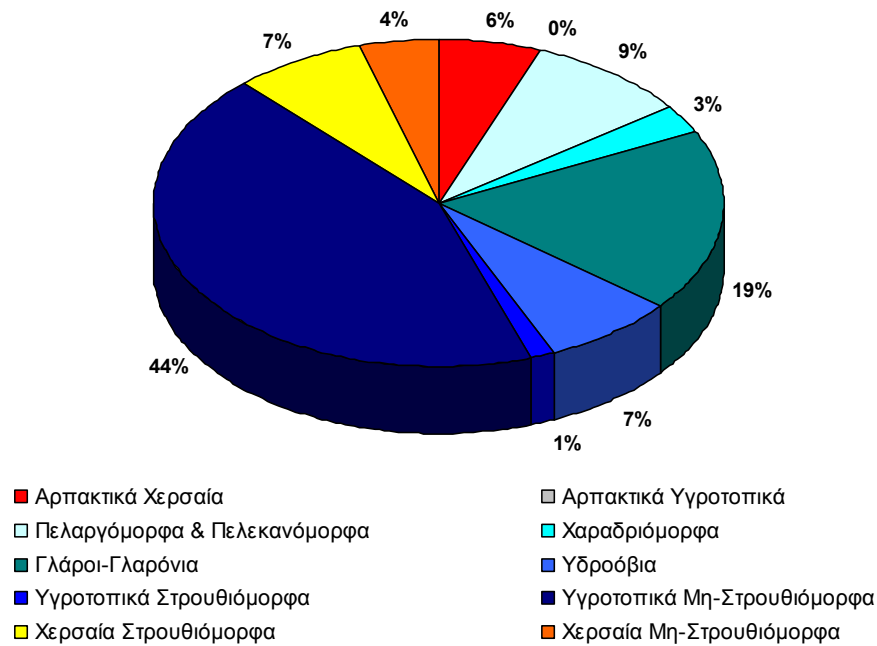
Ως προς τη ποιοτική ανάλυση των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων των 70 ειδών που παρατηρήθηκαν στο διάστημα της μελέτης αναφερόμαστε σε μερικά χαρακτηριστικά της σύνθεσης των ειδών. Μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τα είδη σε 10 αδρές ταξινομικές ομάδες, και βασικό κριτήριο εδώ είναι οι σύνδεση που έχει κάθε είδος με υγροτοπικά ενδιαίτηματα (Εικόνα 128). Τρεις από αυτές της ομάδες είναι είδη που δεν σχετίζονται τακτικά με τον νερό ή με υγροτοπικά ενδιαίτηματα (αρπακτικά χερσαία, χερσαία στρουθιόμορφα, χερσαία μη στρουθιόμορφα) και είναι χρωματισμένα με θερμά χρώματα στο διάγραμμα της Εικόνα 128. Οι υπόλοιπες ομάδες είναι είδη πουλιών που απαιτούν υγροτοπικούς, υδάτινους, θαλάσσιους ή υγρούς παρόχθιους οικότοπους κατά μεγάλο μέρος του κύκλου ζωής τους. Αυτά τα είδη αποτελούν περισσότερο από το 50% των ειδών που απαντούν στην περιοχή της Λίμνης.



Εικόνα 126. Αριθμός ειδών πτηνοπανίδας που καταγράφηκαν σε έξι επισκέψεις στην Λίμνη Κουμουνδούρου, με κατηγοριοποίηση σχετικά με την βασική χρήση ενδιαιτημάτων των ειδών (υγροτοπικά/χερσαία).



Εικόνα 127. Αριθμός ειδών μαζί με άθροιση της αφθονίας της ορνιθοπανίδας που καταγράφηκαν σε δέκα επισκέψεις το 2011/2012 στην Λίμνη Κουμουνδούρου, με κατηγοριοποίηση σχετικά με την βασική χρήση ενδιαιτημάτων των ειδών (υγροτοπικά/χερσαία). Με γαλάζιο φόντο αναδεικνύεται η χειμερινή περίοδος, με πράσινο η άνοιξη, με κόκκινο το καλοκαίρι.



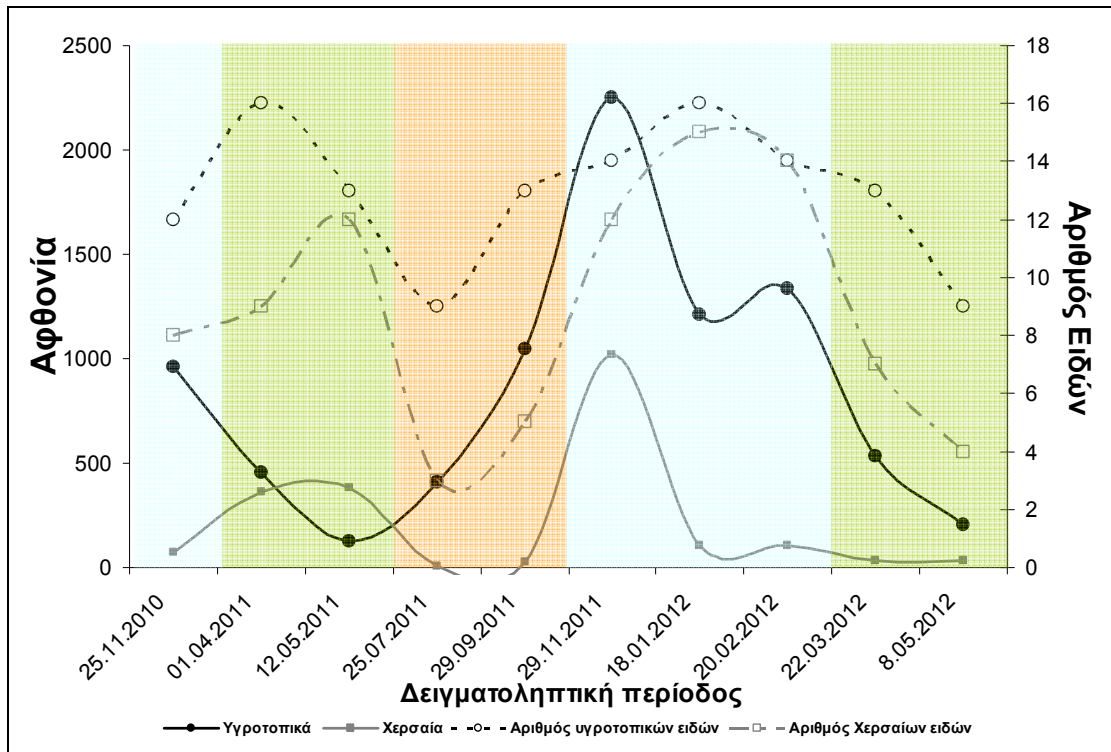
**Εικόνα 128:** Κατάταξη του συνόλου των ειδών που έχουν παρατηρηθεί σε έξι επισκέψεις στην Λίμνη Κουμουνδούρο σε ομάδες βασισμένες σε αδρές ταξινομηκές κατηγορίες σε σχέση με βασική χρήση ενδιαιτημάτων. Η αποχρώσεις του γαλάζιου αφορούν στα είδη που διαβιώνουν σε υγροτοπικούς οικοτόπους.

#### 5.10.4. Αφθονία και πληθυσμοί πουλιών

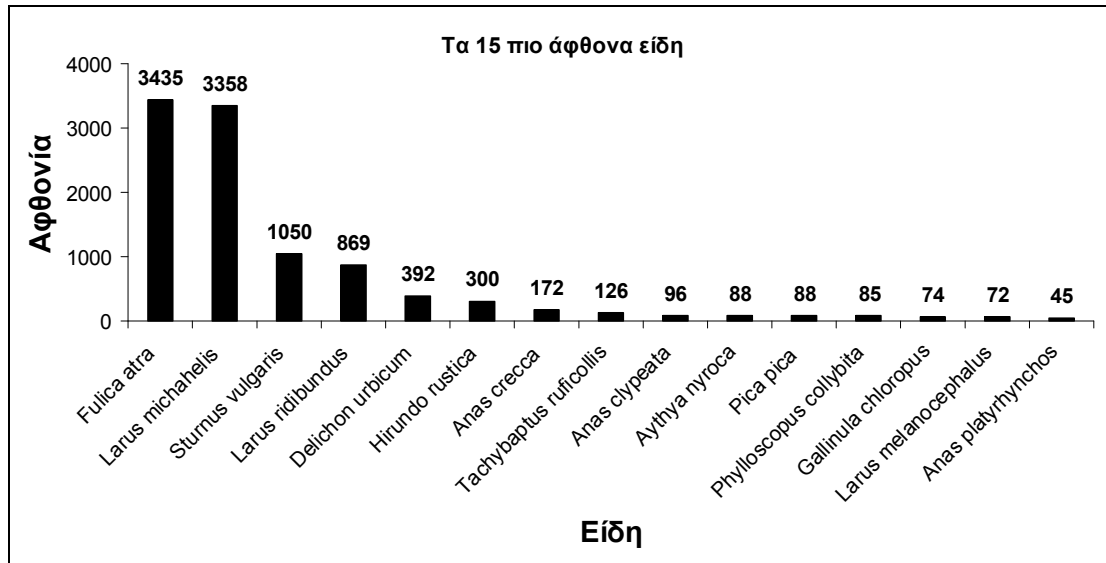
Η κατανομή πληθυσμών (αφθονία) καθώς και η ποικιλότητα ειδών ανα εποχή και ανα ομάδα ειδών πουλιών μας δίνει μια πιο σύνθετη ματιά στον ετήσιο κύκλο δραστηριότητας των πουλιών στην Λίμνη. Αναδिकνύεται το γεγονός ότι η λίμνη έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την ορνιθοπανίδα τους χειμερινούς μήνες. Η διακύμανση τιμών είναι μεγαλύτερη για τα υγροτοπικά είδη παρά τα χερσαία (Εικόνα 129).

Ως προς την αφθονία των συγκεκριμένων ειδών, η λίμνη χαρακτηρίζεται από υψηλούς αριθμούς σχετικά λίγων ειδών. Τέσσερα είδη υπερσχύουν σε αριθμούς (Φαλαρίδα, Ασημόγλαρος, Ψαρόνι, Καστανοκέφαλος Γλάρος, Εικόνα 130). Εύκολα ερμηνεύονται οι λόγοι για αυτές τις παρατηρήσεις. Πρώτον, η Φαλαρίδα ως φυτοφάγο υδρόβιο εκμεταλλεύεται τον σημαντικό πόρο τροφής και αυξάνει τους πληθυσμούς της κατά τη διαχείμαση. Το είδος αυτό παραμένει στην λίμνη και κατά το φώλιασμα (αφού υπάρχουν και εύρωστοι καλαμιώνες στις όχθες για φωλεοποίηση). Η ασημόγλαροι κάθονται στην λίμνη για να πλυθούν και να ξεκουραστούν σε έκταση με ήρεμα και υφάλμυρα νερά διότι η λίμνη βρίσκεται μεταξύ των νησίδων αναπαραγωγής τους (Σαρωνικός Κόλπος) και σε ένα από τα

σημαντικότερα σημεία τροφοληψίας για γλάρους (Χωματερή Λιοσίων). Τρίτο είδος που είναι εξαιρετικά άφθονο (ίσως και πολύ πιο άφθονο από ότι καταγράφηκε) είναι το Ψαρόνι. Μεταναστευτικό είδος που διαχειμάζει στην Αττική και συχνά κουρνιάζει σε καλαμιώνες. Λίγοι είναι οι διαθέσιμοι ανενόχλητοι καλαμιώνες στην Αττική, συνεπώς βλέπουμε μια πολύ μεγάλη συγκέντρωση στην Λίμνη Κουμουνδούρου.



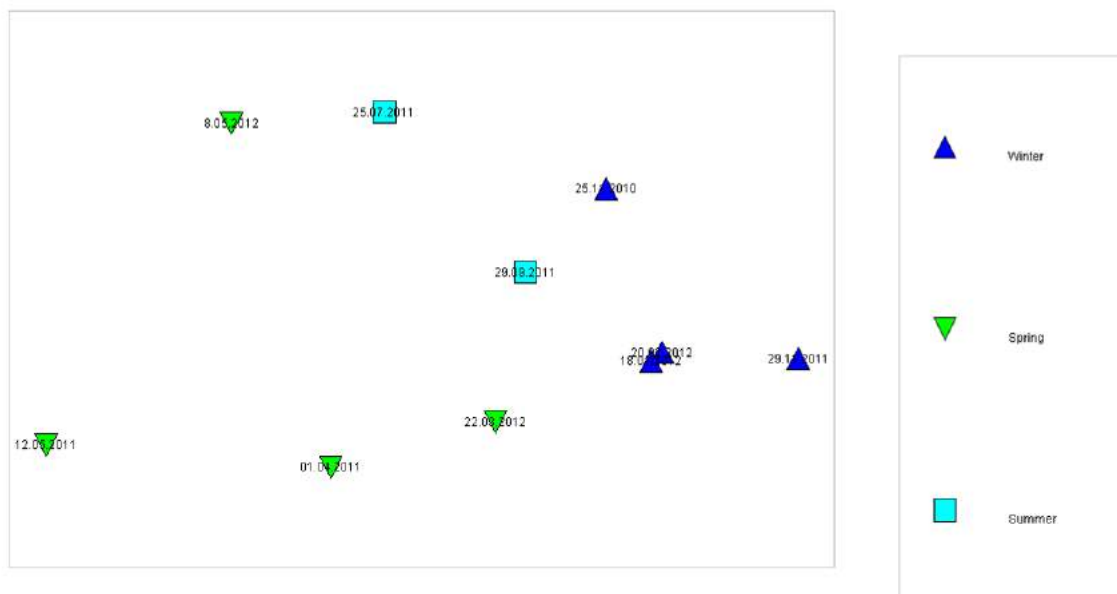
**Εικόνα 129:** Αριθμός ειδών μαζί με άθροιση της αφθονίας της ορνιθοπανίδας που καταγράφηκαν σε δέκα επισκέψεις το 2011/2012 στην Λίμνη Κουμουνδούρου. Με γαλάζιο φόντο αναδεικνύεται η χειμερινή περίοδος, με πράσινο η άνοιξη, με κόκκινο το καλοκαίρι.



**Εικόνα 130:** Άθροιση αριθμών ειδών κατά τις 10 καταμετρήσεις ειδών πουλιών στην Λίμνη στο διάστημα της μελέτης. Τέσσερα είδη υπερσχύουν σε αριθμούς (Φαλαρίδα, Ασημόγλαρος, Ψαρόνι, Καστανοκέφαλος Γλάρος).

Γενικά παρατηρήθηκε μεγάλη διακύμανση στους αριθμούς ανα επίσκεψη στην περιοχή. Ειδικά ακόμη και ορισμένες ημέρες της άνοιξης καθώς και το καλοκαίρι οι αριθμοί πουλιών ήταν ιδιαίτερα χαμηλοί. Επίσης ορισμένα είδη απουσιάζαν εντελώς ή είχαν μεγάλη διακύμανση αριθμών κατά την άνοιξη, το καλοκαίρι και το φθινόπωρο. Ο χειμώνας είναι η εποχή με ενδείξη υψηλής συνέπειας στην σύνθεση και αφθονία των ειδών (Εικόνα 131). Τα είδη που καθορίζουν αυτή την συνέπεια ως προς την ανομοιότητα (Average dissimilarity = 71.62) είναι ο ασημόγλαρος (*Larus michahelis*), φαλαρίδα (*Fulica atra*) και το ψαρόνι (*Sturnus vulgaris*), δηλαδή τα πιο άφθονα είδη στην περιοχή (Πίνακας 51). Γενικά αυτές οι ενδείξεις όμως απαιτούν πιο τακτικές καταμετρήσεις κατά όλο το διάστημα του έτους. Τονίζουμε ότι δεν έχουν γίνει συστηματικές καταμετρήσεις όλο το διάστημα των μεταναστεύσεων και σε πολύ σημαντικά «παράθυρα» χρόνου κατά την κορύφωση των περασμάτων δεν έχουν γίνει καταμετρήσεις στην Λίμνη (π.χ. Απρίλιος-Αρχές Μαΐου).





**Εικόνα 131:** Ταξιθέτηση NMDS (με την σύνθεση και αφονία ειδών στιγμής δειγματοληψίας) και την ταξινόμηση των «εποχών» σε τρεις βασικές ενότητες (χειμώνας, άνοιξη, καλοκαίρι). Υπάρχει μεγάλη ποικιλία εκφράσεων μέσα στον χωρο-χρονο – ενώ τρεις από τις δειγματοληπτικές εποχές του χειμώνα φέρουν μεγαλύτερη συνέπεια.

**Πίνακας 51.** Η ανομοιότητα μεταξύ ομάδων κατά των χειμώνα και την άνοιξη (simper analysis). Αναφέρονται τα τέσσερα είδη που ευθύνονται περισσότερο για τις διαφορές.

Species	Group Winter		Group Spring			
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum. %
<i>Larus michahelis</i>	650.00	68.00	22.68	2.36	31.66	31.66
<i>Fulica atra</i>	505.00	150.00	18.01	2.14	25.15	56.82
<i>Sturnus vulgaris</i>	262.50	0.00	7.41	0.65	10.35	67.17
<i>Larus ridibundus</i>	156.25	47.50	5.88	1.44	8.21	75.38

### 5.11. Οικότοποι- Χλωρίδα

Εδώ θα παρουσιαστούν στοιχεία για την κατανομή τύπων οικοτόπων καθώς και παρατηρήσεις σχετικά με την κατάσταση διατήρησης της βλάστησης στη λίμνη Κουμουνδούρου. Στην παρούσα μελέτη δεν διεξήχθη συγκεκριμένο έργο οριοθέτησης φυσικών οικοτόπων. Μεγάλο μέρος της λίμνης και της παρόχθιας ζώνης είναι υποβαθμισμένο από επιχωμάτωσεις και υδρολογικές αλλαγές και είναι ιδιαίτερα δύσκολο να οριοθετηθούν συγκεκριμένοι τύποι φυσικών οικοτόπων. Είναι σημαντικό όμως να αναφερθούν μερικές ποιοτικές παρατηρήσεις που αφορούν στον προσδιορισμό «τύπων οικοτόπων» (βάσει της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ) και στην αξιολόγηση της κατάστασης διατήρησης των διαπλάσεων της υδρόβιας και παρόχθιας βλάστησης. Η βλάστηση παίζει καθοριστικό ρόλο στην γενικότερη κατάσταση διατήρησης και ακεραιότητας του φυσικού οικοσυστήματος.

Η παρούσα ανασκόπηση της περιοχής βοηθά στον προκαταρκτικό προσδιορισμό 7 τύπων υδάτινων και παρόχθιων οικοτόπων στην περιοχή της Λίμνης Κουμουνδούρου. Αυτές οι διαπλάσεις δεν περιλαμβάνουν οικοτόπους σε μεγαλύτερη απόσταση των 50 μ. από την όχθη της λίμνης (δηλαδή δεν περιλαμβάνουν άλλους χερσαίους οικοτόπους που απαντούν στην ευρύτερη περιοχή). Δύο από τους οικοτόπους που αναφέρονται εδώ απαντούν σε πάρα πολύ μικρή έκταση ή σε διάσπαρτη μορφή και δεν μπορεί να επιβεβαιωθεί ο προσδιορισμός τους ως τύπος οικοτόπου παρότι επιβεβαιώθηκε η παρουσία βασικών στοιχείων τους στα πλαίσια της μελέτης. Στον Πίνακα 52 προσδίδονται παρατηρήσεις και στην Εικόνα 132 δίνονται ενδεικτικές οριοθετήσεις.

**Πίνακας 52.** Γενικά στοιχεία για τους οικοτόπους της Λίμνης Κουμουνδούρου από επιτόπιες παρατηρήσεις το 2011-2012.

Όνομασία Οικοτόπου	Κωδικός Natura	Παρατηρήσεις
Παράκτια Λιμνοθάλασσα	1150*	Η λιμναία έκταση ως φυσικός σχηματισμός χαρακτηρίζεται ως οικότοπος παράκτιας λιμνοθάλασσας. Όμως η σημερινή μορφή της είναι βαρέως τροποποιημένη από έντονες ανθρωπογενείς αλλαγές. Η σταθεροποίηση της στάθμης λόγω του θυροφραγμού και η μείωση της αλατότητας έχουν αλλάξει ριζικά την μορφή που θα είχε

		το οικοσύστημα.
Καλαμιώνες	72A0	Καλαμιώνες με αμιγές διαπλάσεις του είδους <i>Phragmites australis</i> καλύπτουν μεγάλο τμήμα της τεχνητώς σταθεροποιημένης όχθης της λιμνοθάλασσας. Οι καλαμιώνες δεν είναι ιδιαίτερα εύρωστοι σε μέγεθος ή πυκνότητα κάτι που μαρτυρά τις υφάλμυρες συνθήκες που βιώνουν.
Μεσογειακές και θερμοατλαντικές αλόφιλες λόγχμες (Sarcocornietea fruticosi)	(1420)	Σε ελάχιστα σημεία της τεχνητώς σταθεροποιημένης παρόχθιας ζώνης αναπτύσσονται μικρές διαπλάσεις με αλοφυτα. Ο προσδιορισμός τύπου οικοτόπου ωστόσο είναι δύσκολος διότι οι εκτάσεις αυτές είναι πολύ μικρές και συχνά δίπλα σε καλαμιώνες και πλημμυρισμένες εκτάσεις. Μάλιστα οι πιο εκτεταμένες εκτάσεις αυτής της βλάστησης βρίσκονται πάνω σε τεχνητές επιχωματώσεις στο κεντρικό-ανατολικό τμήμα της λίμνης. Η έκταση που καλύπτει αυτός ο οικοτόπος στην περιοχή είναι τόσο μικρή (<2 στρέμματα) που απαιτεί ειδικό προσδιορισμό και οριοθέτηση από φυτοκοινωνιολογική μελέτη για να επιβεβαιωθεί η ύπαρξη του συγκεκριμένου οικοτόπου.
Νοτια Παρόχθια δάση και λόγχμες (Nerio-Tamaricetea)	(92D0)	Διασπαρτα ιθαγενή αρμυρίκια ( <i>Tamarix</i> sp.) απαντούν σε διάφορα σημεία σε φυσικές και επιχωματωμένες όχθες της λίμνης. Κυρίως στην νότια όχθη δημιουργείται πυκνή παρόχθια βλάστηση τύπου λόγχμης. Η έκταση που καλύπτει αυτός ο οικοτόπος στην περιοχή είναι τόσο μικρή (<2 στρέμματα) που απαιτεί ειδικό προσδιορισμό και οριοθέτηση από φυτοκοινωνιολογική μελέτη για να επιβεβαιωθεί ο συγκεκριμένος προσδιορισμός.
Μεσογειακά Αλίπεδα ( <i>Juncetalia maritimi</i> )	1410	Σε ελάχιστα σημεία της τεχνητώς σταθεροποιημένης παρόχθιας ζώνης αναπτύσσονται μικρές διαπλάσεις με βούρλα ( <i>Juncus</i> spp). Η έκταση που καλύπτουν αυτές οι

		διαπλάσιες στην περιοχή είναι τόσο μικρή (<2 στρέμματα) που απαιτεί ειδικό προσδιορισμό και οριοθέτηση από φυτοκοινωνιολογική μελέτη για να επιβεβαιωθεί ο συγκεκριμένος προσδιορισμός τύπου οικοτόπου στην περιοχή.
Φυτείες	1030	Μεγάλη έκταση της παρόχθιας ζώνης είναι επιχωματωμένη και έχουν γίνει φυτεύσεις κυρίως κωνοφόρων και ευκαλύπτων. Αυτή η τεχνητή μορφή βλάστησης προσδίδει πολύ μικρό ενδιαφέρον για την βιοποικιλότητα.
Φρύγανα με <i>Sarcopotarium spinosum</i>	5420	Τμήματα του βόρειου κυρίως τμήματος της όχθης περιλαμβάνουν φρυγανικές διαπλάσιες. Εδώ απαντά ιδιαίτερα πλούσια σύνθεση χερσαίας χλωρίδας με ορισμένα σπάνια και ενδημικά είδη φυτών.

### 5.11.1. Συγκεκριμένος σχολιασμός επι της βλάστησης

#### 5.11.1.1 Υδάτινο Περιβάλλον

Η υδρόβια βλάστηση της λίμνης Κουμουνδούρου.

Η βάση της παραγωγής στην λίμνη είναι τα φυτά και παίζουν προφανώς καθοριστικό ρόλο στα τροφικά πλέγματα. Κατά το διάστημα της μελέτης εντοπίστηκαν τέσσερα είδη μακρόφυτων στην Λίμνη. Τα δύο είναι αγγειόσπερμα εσωτερικών και μεταβατικών υδάτων, ενώ τα άλλα είναι χαρόφυτα (ανήκουν δηλαδή στα χαροφύκη, υπάγονται στα φύκη παρότι ομοιάζουν στην δομή με Αγγειόσπερμα). Ακολουθούν παρατηρήσεις για τα τέσσερα είδη που εντοπίστηκαν κατά την επισκόπηση της υδρόβιας βλάστησης την άνοιξη 2012.

1. **Ruppia cirrhosa.** Χαρακτηριστικό είδος υδρόβιου αγγειόσπερμου μεσογειακών λιμνοθαλασσών. Είναι φυτό εσωτερικών υδάτων με μεγάλη ανεκτικότητα σε υψηλές αλατότητες. Στην Λίμνη Κουμουνδούρου βρέθηκε σε σχετικά λίγες θέσεις στην ανατολική

και βόρεια όχθη. Το είδος αυτό είναι πολύ συχνά κυρίαρχο σε τυπικές παράκτιες λιμνοθάλασσες.

2. **Potamogeton pectinatum.** Διαδεδομένο είδος αγγειόσπερμου σε μεγάλη ποικιλία υδάτινων ενδιαιτημάτων, καθώς και σε υφάλμυρες συνθήκες σε λιμνοθάλασσες. Στην περιοχή μελέτης φαίνεται ότι καλύπτει σχετικά μικρή έκταση (ίσως κοντά σε περιοχή όπου αναβλύζουν πηγές – στην ανατολική όχθη της Λίμνης).
3. **Chara corfuensis (=Chara hispida).** Τυπικό είδος χαροφύκης υφάλμυρων συνθηκών, απαντά σε πολλές λιμνοθάλασσες, παράκτια έλη και άλλα μεταβατικά νερά σε πολλές περιοχές της Ελλάδας. Αφθονεί στην Λίμνη Κουμουνδούρου και η έκταση που καλύπτει είναι πολύ μεγάλη. Το είδος αυτό ονομαζόταν *Chara hispida* ως πρόσφατα, όμως βρίσκεται σε κατάσταση ταξινομικής αναθεώρησης.
4. **Lamprothamnion papulosum.** Το είδος αυτό ζει σε συνθήκες συχνά με υψηλότερη αλατότητα από το σύμπλεγμα ειδών του *Chara hispida*. Αφθονεί στην Λίμνη Κουμουνδούρου (η έκταση που καλύπτει είναι μάλλον λίγο μικροτερη από το *Chara corfuensis*). Είναι ευρέως διαδεδομένο σε πολλές λιμνοθάλασσες στην Ελλάδα. Στην Αττική η κατανομή του είδους είναι εξαιρετικά περιορισμένη (είναι γνωστό μόνο από μία άλλη τοποθεσία σε υφάλμυρο έλος και τάφρους στο Σχινιά Μαραθώνα<sup>2</sup>). Το είδος αυτό είναι πολύ συχνά βασικό στοιχείο βλάστησης σε τυπικές παράκτιες λιμνοθάλασσες στην Μεσόγειο (Nikolaidou, A. et al. 2005).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον προκαλεί η τεράστια κάλυψη του πυθμένα της λίμνης με Χαροφύκη. Δεν γνωρίζουμε αν αυτή η κατάσταση είναι φυσική ή σχετίζεται με αλλαγές μετά την δημιουργία του θυροφραγμού και την ανύψωση στάθμης (και μείωση της αλατότητας) των υδάτων. Σε ελάχιστες περιοχές σε παράκτιων υγρότοπων στην Ελλάδα έχει παρατηρηθεί τέτοια πυκνή και εκτεταμένη συγκέντρωση χαρόφυκων. Επίσης υπάρχουν ενδείξεις ότι η έκταση και πυκνότητα ποικίλει μέσα στο χρόνο ή και μεταξύ χρόνων. Παρατηρήθηκε μια ενδιαφέρουσα εποχική έξαρση της υδρόβιας βλάστησης (2011), η οποία ενδέχεται να συνδέεται και με την ύπαρξη πολύ υψηλών συγκεντρώσεων θρεπτικών (κυρίως αμμωνιακών) στη λίμνη. Οι διαπλάσεις των χαροφυκών περιλαμβάνουν μεγάλες εκτάσεις κυρίως με *Chara corfuensis* μαζί και με *Lamprothamnion papulosum*. Η έκταση και

<sup>2</sup> Uwe Raabe, προσωπική επικοινωνία, 2012.

πυκνότητα χαροφυκών μπορεί να ποικίλει από χρονιά σε χρονιά σε σχέση με φυσικές συνθήκες (χειμερινές θερμοκρασίες, αλατότητα κ.α. ) καθώς και λόγω ανθρωπογενών αλλά και φυσικών επιρροών (αύξηση θρεπτικών αλάτων λόγω υπερσυγκέντρωσης πτηνών, ρύπανση, κτλ).

Από την άποψη προσδιορισμού τύπου οικοτόπου της λιμναίας έκτασης στην Κουμουνδούρου είναι σημαντικό ότι οι φυτοκοινότητες που απαντούν καθώς και ο γεωμορφολογικός σχηματισμός προσδιορίζει τον κυρίαρχο υγροτοπικό οικότοπο ως «παράκτια λιμνοθάλασσα», οικότοπο προτεραιότητας για την προστασία της φύσης βάσει της Οδηγίας 92/43. Τονίζουμε ότι η παράκτια λιμνοθάλασσα αυτή είναι βαρέως τροποποιημένο υδάτινο σώμα και έχει φυσικές και ανθρωπογενείς ιδιομορφίες που προσδίδουν υψηλό βαθμό μοναδικότητας στο οικοσύστημα. Παράκτιες λιμνοθάλασσες με μεγάλες καρστικές πηγές υπάρχουν όμως και σε άλλες περιοχές στον Σαρωνικό και στον Αργολικό κόλπο, όμως στην Ελλάδα τέτοιες λιμνοθάλασσες, με τα χαρακτηριστικά της λίμνης Κουμουνδούρου (ή ακόμη και υφάλμυρα πηγαία έλη) είναι σχετικά σπάνια.

#### 5.11.1.2 Παρόχθιο Περιβάλλον

- Στην περιοχή της παρόχθιας ζώνης της λίμνης πολύ μεγάλο μέρος της φυσικής όχθης είναι αποτέλεσμα επιχωμάτωσης με μπάζα (εξαρείται βέβαια η όχθη όπου η λίμνη συνορεύει με τον παρακείμενο δρόμο και τον βραχώδη λόφο). Υπάρχουν διαπλάσεις με αλοφυτική θαμνώδη βλάστηση σε ορισμένα σημεία της όχθης της λίμνης – πολύ συχνά οι διαπλάσεις είναι «μικτής μορφής» και φύονται πάνω σε επιχώσεις (μπάζα).
- Ο σημαντικότερος οικότοπος στην παρόχθια ζώνη είναι ο καλαμιώνας. Υπάρχουν βάσιμες ενδείξεις ότι έχει επεκταθεί ο καλαμιώνας τα τελευταία χρόνια ειδικά λόγω της ανύψωσης της στάθμης της λίμνης από τον θυροφραγμό.
- Στην παρόχθια περιοχή υπάρχουν μικρές συστάδες από ιθαγενή αρμυρίκια (*Tamarix* sp.), αρκετά ήσως για να χαρτογραφηθεί η διάπλαση του αντίστοιχου οικοτόπου στην στενή παρόχθια ζώνη σε ορισμένα σημεία της Λίμνης.
- Σε πολλά σημεία της λίμνης παρατηρήθηκαν ξενικά (αλλόχθονα) είδη φυτών και ειδικά το επεκτατικό είδος ακακίας (*Acacia* cf. *saligna*). Διάφορα είδη ξενικών φυτών υπάρχουν διάσπαρτα κοντά σε παρόχθιες θέσεις (*Carpobrotus*, *Opuntia* κ.α.).

		
<p>Μεσογειακά Αλίπεδα (<i>Juncetalia maritimi</i>) με βούρλα (<i>Juncus spp.</i>). Πολύ μικρή έκταση με διάσπαρτη μορφή διαπλάσεων απαντά κυρίως στις βόρειες όχθες της λίμνης.</p>	<p>Καλαμιώνες με <i>Phragmites australis</i>. Μεγάλο τμήμα της όχθης καλύπτεται από το είδος αυτό. Τα φυτά είναι πιο εύρωστα, και ο καλαμιώνας πιο ψηλός και πυκνός κοντά στις πηγές.</p>	<p>Μεσογειακές και θερμοατλαντικές αλόφιλες λόγχμες (<i>Sarcocornietea fruticosi</i>) με αλόφυτα στην όχθη της λίμνης και φυτεία με πεύκα στο βάθος.</p>

**Εικόνα 132:** Χαρακτηριστικά στοιχεία τυπικών οικοτόπων στην Λίμνη Κουμουνδούρου

### 5.11.2. Απειλούμενα Είδη

Γενικά οι αριθμοί απειλούμενων ειδών είναι σχετικά μικροί στην περιοχή βάσει των συγκεκριμένων καταγραφών σε αυτή την μελέτη. Αυτό μπορεί να οφείλεται και σε αδυναμίες στην διαδικασία καταγραφή τους (βλέπε Μέθοδο Παρακολούθησης). Σε αυτό το στάδιο δεν είναι ασφαλές να εξαχθούν ολοκληρωμένες ερμηνείες για την σημασία της περιοχής ως προς απειλούμενα είδη. Μπορούν όμως να τεκμηριωθούν ορισμένες απόψεις για την σημασία της περιοχής σε ορισμένα απειλούμενα είδη (Πίνακας 53). Αν χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο ο κατάλογος των απειλούμενων ειδών ζώων του Ελληνικού Κόκκινου Βιβλίου, αναγνωρίζουμε ήδη 9 είδη που προσδίδουν πολύ μεγάλη σημασία στην Λίμνη. Η λίμνη έχει υπερτοπική σημασία για αρκετά από αυτά τα είδη, όπως για παράδειγμα την τακτική παρουσία της βαλτόπαπιας (*Aythya nyroca*) και του Μαυροκέφαλου Γλάρου (*Larus melanocephalus*). Μεγάλος αριθμός των μεταναστευτικών ειδών είναι προστατευόμενα είδη. Επειδή δεν έχουμε ακόμη πλήρη εικόνα της σύνθεσης των ειδών ή καλή εικόνα των αναπαραγόμενων ειδών δεν έχει γίνει λεπτομερής ανάλυση του καθεστώσ απειλής (conservation status) ή καθεστώτος προστασίας όλων των ειδών που έχουν παρατηρηθεί στη Λίμνη.

**Πίνακας 53.** Τα πιο απειλούμενα είδη βάσει της κατάταξης τους Κόκκινου Βιβλίου Απειλούμενων Ζώων που παρατηρήθηκαν από την ομάδα μελέτης στο διάστημα 10 επισκέψεων το 2011-2012

	Επιστημονική Ονομασία	Ελληνική Ονομασία	Καθεστώς απειλής βάσει του Κόκκινου Βιβλίου	Σχολιασμός
1	<i>Larus melanocephalus</i>	Μαυροκέφαλος Γλάρος	Κινδυνεύων	Σχετικά κοινός γλάρος στην περιοχή. Σημαντικοί πληθυσμοί διαχειμάζουν και μεταναστεύουν στην ευρύτερη περιοχή.
2	<i>Ardea purpurea</i>	Πορφυροτσικνιάς	Κινδυνεύων	Ερωδιός. Απαντά σε πολύ μικρούς αριθμούς στην περιοχή.
3	<i>Aythya nyroca</i>	Βαλτόπαπια	Τρωτό	Πάπια που διαμένει στην περιοχή όλο το έτος. Ίσως το σημαντικότερο είδος που προσφέρει στην περιοχή ιδιαίτερη διάκριση.
4	<i>Anas querquedula</i>	Σαρσέλα	Τρωτό	Μεταναστευτική πάπια. Απαντά σε σχετικά μικρούς αριθμούς στην περιοχή.
5	<i>Anas strepera</i>	Καπακλής	Τρωτό	Μεταναστευτική πάπια. Απαντά σε σχετικά μικρούς αριθμούς στην περιοχή.
6	<i>Acrocephalus melanopogon</i>	Μουστακοποταμίδα	Τρωτό	Είδος υγροτοπικού στρουθιόμορφου που διαχειμάζει και μεταναστεύει από την περιοχή σε σχετικά μικρούς αριθμούς. Ζει μέσα στους καλάμιώνες
7	<i>Ardeola ralloides</i>	Κρυπτοτσικνιάς	Τρωτό	Ερωδιός. Απαντά σε σχετικά μικρούς αριθμούς στην περιοχή. Παρατηρήθηκε και



				μικρό κοπάδι κατά την ανοιξιάτικη μετανάστευση.
8	<i>Buteo rufinus</i>	Αετογερακίνα	Τρωτό	Σπάνιο αρπακτικό. Ένα άτομο διαχειμάζει στην περιοχή.
9	<i>Tadorna tadorna</i>	Βαρβάρα	Τρωτό	Είδος πάπιας που σπάνια απαντά στην νότια Ελλάδα. Μόνο μία παρατήρηση στην περιοχή.



**Εικόνα 133:** Μαυροκέφαλος Γλάρος (*Larus melanocephalus*) – κινδυνεύων είδος που χρησιμοποιεί την λίμνη τακτικά κατά τη διαχείμαση και την διάβαση. Στην ευρύτερη περιοχή, ο Υγρότοπος του Βουρκαρίου (Μεγάρων) αποτελεί περιοχή υπερτοπικής σημασίας για μεγάλους πληθυσμούς αυτού του είδους.

## 5.12. Ταξινόμηση οικολογικής ποιότητας του νερού της λίμνης

### 5.12.1. Γενικά

Η Οδηγία 2000/60/ΕΕ για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων ορίζει την ανάγκη διαχείρισής τους σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού, εκφράζοντας έτσι την αλληλεσύνδεση που υπάρχει μεταξύ όλων των υδάτινων (ποτάμιων, υπόγειων, λιμναίων, στάσιμων, μεταβατικών και τελικά θαλάσσιων) συστημάτων. Στόχος της Οδηγίας είναι η επίτευξη

"καλής κατάστασης" των υδατικών συστημάτων των κρατών - μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης μέχρι το 2015. Η έννοια "καλή κατάσταση" προϋποθέτει τόσο την "καλή οικολογική κατάσταση", όσο και την "καλή χημική κατάσταση", οι οποίες είναι δύσκολο να οριστούν για το σύνολο των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης λόγω των κλιματικών, γεωγραφικών και οικολογικών ιδιαιτεροτήτων κάθε περιοχής, και ως εκ τούτου θα οριστούν από κάθε κράτος μέλος για κάθε τύπο υδάτινων σωμάτων.

Τα λιμναία ύδατα είναι μία από τις τέσσερις βασικές κατηγορίες επιφανειακών υδάτων που αναφέρονται στην Οδηγία - Πλαίσιο και ορίζεται ως "σύστημα στάσιμων εσωτερικών επιφανειακών υδάτων", το οποίο έχει μέγεθος μεγαλύτερο από 0,5 km<sup>2</sup>. Η ιδιαιτερότητα της Λίμνης Κουμουνδούρου έγκειται στο γεγονός ότι αποτελεί μία ρηχή και υφάλμυρη λίμνη, γεγονός που την καθιστά ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο και γρήγορα μεταβαλλόμενο οικοσύστημα, ενώ το μέγεθος της δεν την εντάσσει στην ανωτέρω κατηγορία. Παρόλα αυτά, πρόκειται για μια σημαντική λιμνοθάλασσα που φιλοξενεί ένα περιαστικό οικοσύστημα με σπουδαία είδη πτηνών και ιχθύων και που διαδραματίζει ένα κρίσιμο ρόλο σαν ενδιάμεσος σταθμός μεγάλου αριθμού μεταναστευτικών πτηνών.

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, η Λ. Κουμουνδούρου αντιμετωπίζεται σαν παράκτια λίμνη - λιμνοθάλασσα, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Ύδατα και ως εκ τούτου επιχειρείται ο προσδιορισμός της οικολογικής κατάστασης της Λίμνης με διάφορες μεθόδους που έχουν κατά καιρούς προταθεί σε διεθνές επίπεδο και οι οποίοι παρατίθενται παρακάτω.

Για την καλύτερη αξιολόγηση των αποτελεσμάτων παρατίθενται τα δεδομένα παλαιότερων μελετών στην Λίμνη Κουμουνδούρου (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε., 2004), προκειμένου να γίνει μία εκτίμηση της διαχρονικής μεταβολής της ποιοτικής της κατάστασης.

Σημειώνεται ακόμα ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση της λίμνης Κουμουνδούρου δεν λαμβάνεται υπόψη το κριτήριο της διαφάνειας, που αναφέρεται σε όλα τα συστήματα ταξινόμησης, λόγω του μικρού βάθους της λίμνης. Τονίζεται ωστόσο ότι σε όλες τις δειγματοληψίες η διαφάνεια ήταν καλή και έφτανε μέχρι τον πυθμένα της λίμνης.

### 5.12.2. Σύστημα ταξινόμησης OECD (1982)

Ένα από τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα σχέδια ταξινόμησης ποιότητας νερού είναι αυτό που βασίζεται στην αξιολόγηση του επιπέδου ευτροφισμού, χρησιμοποιώντας τους ορισμούς που αναπτύχθηκαν από τον OECD (1982).

Στο συγκεκριμένο σύστημα ταξινόμησης οι λίμνες ταξινομούνται με βάση τα τροφικά επίπεδά τους σε φώσφορο και χλωροφύλλη σε πέντε κατηγορίες, οι οποίες εξαρτώνται από την περιεκτικότητά τους σε θρεπτικά άλατα, τη διαφάνεια του νερού και την συγκέντρωση των φυκών μέσα στο υδάτινο σώμα (Πίνακας 54). Έτσι, προκύπτει ότι η Λίμνη Κουμουνδούρου με βάση την τιμή του φωσφόρου χαρακτηρίζεται ως υπερ-ολιγοτροφική, αν και διαχρονικά παρατηρείται μια σταδιακή μείωση των συγκεντρώσεων. Με βάση το κριτήριο της συγκέντρωσης χλωροφύλλης-α η λίμνη χαρακτηρίζεται ως μεσοτροφική και για τις 2 περιόδους (2003 και 2011), αν και διαχρονικά παρατηρείται σταδιακή αύξηση των τιμών (

Πίνακας 55). Στην τελική κατάταξη της τροφικής κατάστασης της λίμνης χρησιμοποιείται συνήθως η δυσμενέστερη κατάταξη από τα σχετικά ποιοτικά κριτήρια και ως εκ τούτου η Λίμνη Κουμουνδούρου μπορεί να χαρακτηριστεί σαν μεσοτροφική με βάση το συγκεκριμένο σύστημα ταξινόμησης.

**Πίνακας 54:** Ταξινόμηση της τροφικής κατάστασης λιμνών κατά OECD (1982).

Τύπος	Μέση ετήσια τιμή Ολικού φωσφόρου (mg/m <sup>3</sup> )	Μέση ετήσια τιμή Χλωροφύλλης-α (mg/m <sup>3</sup> )	Μέση ετήσια τιμή Secchi Disk (m)
Υπέρ-ολιγοτροφικό	< 4	< 1	> 12
Ολιγοτροφικό	< 10	< 2.5	> 6
Μεσοτροφικό	10 - 35	2.5 - 8.0	6 - 3
Ευτροφικό	35 - 100	8.0 - 25.0	3 - 1.5
Υπερτροφικό	> 100	> 25.0	< 1.5

**Πίνακας 55:** Ταξινόμηση της Λίμνης Κουμουνδούρου με βάση το σύστημα OECD (1982).

Ημερομηνία	Φώσφορος (mg/m <sup>3</sup> P-PO <sub>4</sub> )	Χλωροφύλλη-α (mg/m <sup>3</sup> )
15/12/02	2.258	2.084
15/04/03	1.829	1.031
15/08/03	6.929	3.555
<b>Μ.Ο.</b>	<b>3.672</b>	<b>2.223</b>
07/02/11	2.548	4.749
01/04/11	2.011	15.774
01/06/11	2.275	2.107
25/07/11	1.476	1.399
28/09/11	1.711	2.894
18/01/12	1.804	13.843
<b>Μ.Ο.</b>	<b>1.971</b>	<b>6.794</b>

### 5.12.3. Σύστημα ταξινόμησης EPA (2000)

Ένα άλλο σύστημα ταξινόμησης της ποιοτικής κατάστασης του νερού για εύκρατες λίμνες είναι αυτό που προτείνει η Υπηρεσία Περιβάλλοντος της Αμερικής (EPA, 2000). Σύμφωνα με αυτό η κατάταξη των λιμνών σε τάξεις γίνεται με βάση τη συγκέντρωση του ολικού φωσφόρου, της διαφάνειας του νερού και του τροφικού δείκτη (TSI - Trophic State Index) σε επτά κατηγορίες ποιότητας, ενώ παράλληλα δίνονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις για κάθε κατηγορία ποιότητας (Πίνακας 56).

Ο υπολογισμός του τροφικού δείκτη TSI μπορεί να γίνει για κάθε κριτήριο ποιοτικής κατάταξης ως ακολούθως (Carlson, 1996):

$$TSI(SD)=60-14,41*\ln(SD)$$

$$TSI(Chl\_a)=9,81*\ln(Chl-a)+30,6$$

$$TSI(TP)=14,42*\ln(TP)+4,15$$

όπου SD είναι η διαφάνεια Secchi (m) και Chl\_a και TP οι συγκεντρώσεις στην επιφάνεια σε µg/l της χλωροφύλλης και του ολικού φωσφόρου αντίστοιχα.

**Πίνακας 56:** Προτεινόμενο σύστημα ταξινόμησης εύκρατων λιμνών από την Υπηρεσία Περιβάλλοντος της Αμερικής (Carlson, 1996).

TSI average	SD (m)	TP (µg/l)	Chl-a (µg/l)	Χαρακτηρισμός
< 30	> 8	< 6	< 0,94	Ολιγοτροφική: Καθαρό νερό, οξυγόνο καθ' όλη τη διάρκεια του έτους στο υπολίμνιο
30 - 40	8 - 4	6 - 12	0,94 - 2,6	Πιθανότητα ανοξικών συνθηκών στο υπολίμνιο ρηχών λιμνών
40 - 50	4 - 2	12 - 24	2,6 - 6,4	Μεσοτροφική: Μέτρια καθαρό νερό αλλά πιθανή αύξηση ανοξικών συνθηκών στη διάρκεια του καλοκαιριού
50 - 60	2 - 1	24 - 48	6,4 - 20	Ευτροφική: Ανοξικές συνθήκες στο υπολίμνιο, πιθανότητα προβλημάτων των μακρόφυτα
60 - 70	0,5 - 1	48 - 96	20 - 56	Κυριαρχία των κυανοβακτηρίων, αφθονία φυτοπλαγκτού και προβλήματα μακρόφυτων
70 - 80	0,25 - 0,5	96 - 192	56 - 154	Υπερτροφική (light limited). Μεγάλη ποσότητα φυτοπλαγκτού και μακρόφυτων.
> 80	< 0,25	192-384	> 154	Αφθονία φυτοπλαγκτού, λίγα μακρόφυτα.

**Πίνακας 57:** Ταξινόμηση των δειγματοληψιών της Λίμνης Κουμουνδούρου με βάση το σύστημα της Υπηρεσίας Περιβάλλοντος της Αμερικής (Carlson, 1996).

Ημερομηνία	Φώσφορος (μg/l P-PO <sub>4</sub> )	Χλωροφύλλη-α (μg/l)	TSI
15/12/02	2.258	2.084	27
15/04/03	1.829	1.031	22
15/08/03	6.929	3.555	38
<b>M.O.</b>	<b>3.672</b>	<b>2.223</b>	<b>29</b>
07/02/11	2.548	4.749	32
01/04/11	2.011	15.774	36
01/06/11	2.275	2.107	27
25/07/11	1.476	1.399	22
28/09/11	1.711	2.894	26
18/01/12	1.804	13.843	35
<b>M.O.</b>	<b>1.971</b>	<b>6.794</b>	<b>30</b>

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η Λίμνη Κουμουνδούρου αναφορικά με τη συγκέντρωση του φωσφόρου στο νερό, με βάση τις παλαιότερες μετρήσεις χαρακτηρίζεται ως ολιγοτροφική, με καθαρό νερό και οξυγόνο καθ' όλη τη διάρκεια του έτους στο υπολίμνιο, ενώ ίδια κατάταξη παρουσιάζει και με βάση τις τελευταίες μετρήσεις.

Αναφορικά με την συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α, με βάση τις παλαιότερες μετρήσεις η λίμνη χαρακτηρίζεται ολιγο-μεσοτροφική με πιθανότητα επικράτησης τοπικά ανοξικών συνθηκών, ενώ με βάση τις τελευταίες μετρήσεις χαρακτηρίζεται ευτροφική, με ανοξικές συνθήκες στο υπολίμνιο παροδικά και πιθανότητα προβλημάτων από έντονη ανάπτυξη των μακρόφυτων.

Ως προς το δείκτη TSI, η λίμνη Κουμουνδούρου παρουσιάζεται να είναι Ολιγοτροφική το 2003 και ολιγο-μεσοτροφική το 2011 (Πίνακας 57).

#### 5.12.4. Σύστημα ταξινόμησης Δανίας

Πολλές Ευρωπαϊκές χώρες σε μία προσπάθεια εναρμόνισης με την Οδηγία 2000/60/ΕΕ για τα νερά θέσπισαν συστήματα ταξινόμησης της οικολογικής ποιότητας του νερού. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της Δανίας, στην οποία υιοθετήθηκε ένα πολυπαραμετρικό σύστημα εκτίμησης της οικολογικής ποιότητας, με την συμμετοχή των θρεπτικών αλάτων, της διαφάνειας του νερού, του φυτοπλαγκτού, των ψαριών και άλλων βιολογικών παραμέτρων (Πίνακας 58).

**Πίνακας 58:** Σύστημα ταξινόμησης της ποιότητας του νερού στις βαθιές (D, μέσο βάθος μεγαλύτερο από 3 m) και στις ρηχές (S, μέσο βάθος μικρότερο από 3 m) λίμνες και ολική αλκαλικότητα > 0,2 meq/l (Søndergaard et al., 2005).

Indicator/class	High		Good		Moderate		Poor		Bad	
	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S
TP ( $\mu\text{g P L}^{-1}$ )	< 12.5	< 25	< 25	< 50	< 50	< 100	< 100	< 200	> 100	> 200
TN ( $\text{mg N L}^{-1}$ )	-	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.4	< 1.4	< 2.0	< 2.2	< 2.9
SS ( $\text{mg DW L}^{-1}$ )	-	< 3.0	< 2.5	< 4.0	< 4.2	< 7.0	< 7.0	< 13	< 8.6	< 20
Secchi (m)	> 5.1	> 2.1	> 3.9	> 1.7	> 2.5	> 1.0	> 1.8	> 0.9	> 1.3	> 0.7
CHLA ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	-	< 6.0	< 6.5	< 12	< 12	< 22	< 27	< 57	< 56	< 82
Total phytoplankton ( $\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$ )	-	< 0.68	< 2.3	< 1.4	< 2.3	< 3.3	< 6.7	< 15.3	< 9.1	< 18.0
Chrysophytes ( $\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$ )	-	> 0.27	> 0.17	> 0.27	> 0.07	> 0.01	$\geq 0$	$\geq 0$	$\geq 0$	$\geq 0$
Diatoms ( $\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$ )	-	< 0.04	< 0.23	< 0.12	< 0.36	< 0.32	< 0.90	< 2.9	< 0.90*	< 2.9†
Chlorophytes ( $\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$ )	-	< 0.03	< 0.09	< 0.12	< 0.09	< 0.23	< 0.17	< 2.2	< 0.17‡	< 2.9
Cyanophytes ( $\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$ )	-	< 0.01	< 0.09	< 0.01	< 0.20	< 0.69	< 1.9	< 3.4	< 1.9§	< 6.0
Total zooplankton ( $\mu\text{g DW L}^{-1}$ )	-	< 164	< 227	< 164¶	< 280	< 342	< 436	< 487	< 615	< 1024
Cyclopoids ( $\mu\text{g DW L}^{-1}$ )	-	< 7	< 47	< 25	< 67	< 60	< 78	< 98	< 88	< 237
Cladocerans ( $\mu\text{g DW ind}^{-1}$ )	-	> 3.0	-	> 2.6**	-	> 2.6	-	> 1.6	-	> 1.1
Calanoids ( $\mu\text{g dw ind}^{-1}$ )	-	-	-	< 1.1	-	< 1.7	-	< 2.3	-	< 2.3
Zooplankton : phytoplankton (DW : DW)	-	> 0.41	> 0.48	> 0.27	> 0.40	> 0.19	> 0.21	> 0.13	> 0.16	> 0.11
Fish numbers (CPUE)	-	< 20	< 62	< 43	< 93	< 96	< 134	< 151	< 149	< 201
Fish weight (CPUE, kg)	-	< 2.7	< 3	< 4.7	< 4.5	< 4.7	< 5.4	< 6.2	< 7.2	< 10.3
Piscivore (weight percentage)	-	(100)	> 58	> 64	> 42	> 42	> 35	> 21	> 26	> 10
Piscivore (number percentage)	-	(100)	> 61	> 56	> 58	> 46	> 57	> 36	> 45	> 10
Piscivore weight (g ind <sup>-1</sup> )	-	> 111	> 56	> 84	> 56	> 42	> 40	> 36	> 40††	-
Macrophyte max depth (m)	-	5.0	> 5.0	3.4	-	1.3	-	-	-	-
Macrophyte coverage (%)	-	58	-	41	-	4	-	-	-	-

Medians: \*0.78; †2.2; ‡0.12; §1.2; ¶143; \*\*2.2; ††43.

Με βάση το συγκεκριμένο σύστημα ταξινόμησης, τα δεδομένα της Λίμνης Κουμουνδούρου ταξινομούνται ως εξής (Πίνακας 59):

**Πίνακας 59:** Ταξινόμηση των δειγματοληψιών της Λίμνης Κουμουνδούρου με βάση το σύστημα της Δανίας.

Ημερομηνία	Φώσφορος ( $\mu\text{g/l P-PO}_4$ )	Αζωτο ( $\text{mg/l N-NO}_3$ )	Χλωροφύλλη-α ( $\mu\text{g/l}$ )
15/12/02	2.258	1.684	2.084
15/04/03	1.829	1.265	1.031
15/08/03	6.929	0.754	3.555
<b>M.O.</b>	<b>3.672</b>	<b>1.234</b>	<b>2.223</b>
07/02/11	7.807	4.063	4.749
01/04/11	6.164	3.008	15.774
01/06/11	6.973	0.413	2.107
25/07/11	1.476	0.134	1.399
28/09/11	1.711	0.124	2.894
18/01/12	1.804	1.826	13.843
<b>M.O.</b>	<b>4.322</b>	<b>1.595</b>	<b>6.865</b>

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι αναφορικά με τον φώσφορο η ποιοτική κατάσταση της Λίμνης Κουμουνδούρου μπορεί να χαρακτηριστεί ως υψηλή σε όλες τις ημερομηνίες δειγματοληψίας ενώ ως προς τα ιόντα αζώτου, οι μετρήσεις του 2011 έδειξαν ελλιπή ποιοτική κατάσταση, κυρίως λόγω της πολύ υψηλής συγκέντρωσης αμμωνίας και οι μετρήσεις του 2003 υπέδειξαν μέτρια ποιοτική κατάσταση. Ως προς τη χλωροφύλλη-α, οι μετρήσεις του 2011 έδειξαν μέτρια ποιοτική κατάσταση ενώ οι μετρήσεις του 2003 υπέδειξαν υψηλή ποιοτική κατάσταση. Συμπερασματικά, μπορεί να ειπωθεί ότι παρατηρήθηκε μια υποβάθμιση της ποιότητας του νερού της λίμνης κατά την περίοδο 2003-2011 ως προς τα θρεπτικά άλατα, κάτι που έχει επίπτωση και στις συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης και επομένως και στην τροφική κατάσταση της λίμνης. Το θετικό στοιχείο είναι ότι λόγω του μικρού μεγέθους της λίμνης και της σχετικά γρήγορης ανανέωσης των υδάτων της η χημική ποιότητα του νερού της επανέρχεται σχετικά γρήγορα μετά από κάποιο ρυπαντικό γεγονός.

#### 5.12.5. Σύστημα ταξινόμησης ECOFRAME

Η εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης της Λίμνης Κουμουνδούρου μπορεί ακόμα να επιχειρηθεί με την μέθοδο που προτείνεται από τον Moss, et al. (2003) στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού προγράμματος ECOFRAME. Στόχος του προγράμματος ήταν ο ορισμός ενός συστήματος ταξινόμησης της οικολογικής κατάστασης των ρηχών λιμνών (μέσο βάθος μικρότερο από 3,0 m), μετά τον έλεγχο περισσότερων από 60 ευρωπαϊκών λιμνών, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Οδηγίας - Πλαίσιο. Το συγκεκριμένο σύστημα ταξινόμησης μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις Ευρωπαϊκές χώρες, ανάλογα με την κατηγορία κάθε λίμνης, η οποία ορίζεται με βάση τα παρακάτω γεωγραφικά κριτήρια:

- **Κλιματικά:** οι λίμνες κατηγοριοποιούνται με βάση τις κλιματικές συνθήκες (κρύες, δροσερές, εύκρατες και θερμές), την περίοδο ετήσιας παγοκάλυψης (μεγαλύτερη ή μικρότερη από 2 μήνες) και την μέση θερμοκρασία αέρα του θερμότερου μήνα. Με τον τρόπο αυτό καλύπτεται γεωγραφικά ολόκληρη η Ευρωπαϊκή ήπειρος.
- **Μέγεθος:** αναγνωρίζονται δύο κατηγορίες λιμνών με όριο τα 100 km<sup>2</sup>, ώστε να διακριθούν οι μεγάλες λίμνες, όπου η επίδραση των ανέμων είναι μεγαλύτερη.
- **Γεωλογικά:** η κατηγοριοποίηση αυτή στηρίζεται στην κυρίαρχη γεωλογική δομή της λεκάνης απορροής της λίμνης (λεκάνες που δομούνται από οργανικά εδάφη ή από βραχώδεις σχηματισμούς / μη οργανικά εδάφη σε ποσοστό μεγαλύτερο του 50% της έκτασής τους).

- Στη συνέχεια γίνεται ο διαχωρισμός ανάλογα με το νερό που τροφοδοτεί τη λίμνη, ανάλογα με το αν προέρχεται από όξινα οργανικά εδάφη ή ελαφρώς αποσαθρωμένους βραχώδεις σχηματισμούς (ηλεκτρική αγωγιμότητα < 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), από βασικά οργανικά εδάφη, συχνά προϊόντα αποσάθρωσης ανθρακικών σχηματισμών (ηλεκτρική αγωγιμότητα 100 - 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) και από υφαλμυρισμένα νερά (ηλεκτρική αγωγιμότητα > 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Με βάση τα παραπάνω και λαμβάνοντας υπόψη ότι: η μέση θερμοκρασία του αέρα στην ευρύτερη περιοχή μελέτη είναι 29,1° C (Μ.Σ. Ελευσίνα), η έκταση της υδρολογικής λεκάνης της Λίμνης Κουμουνδούρου είναι 39 km<sup>2</sup>, αποτελείται από βραχώδεις σχηματισμούς και μη οργανικά εδάφη σε ποσοστό μεγαλύτερο από 50% και ότι αποτελεί μία υφάλμυρη λίμνη, προκύπτει ότι η λίμνη ανήκει κατηγορία 21. Με βάση αυτό, η ταξινόμηση της λίμνης γίνεται με τα παρακάτω κριτήρια (Πίνακας 60):

**Πίνακας 60:** Σύστημα ταξινόμησης της οικολογικής ποιότητας του νερού ρηχών λιμνών με βάση το σύστημα ECOFRAME (Moss et al., 2003).

Ποιότητα	pH	TP ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	TN ( $\text{mg}/\text{l}$ )	Secchi depth (m)	Chla-a ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	Phytoplankton density
Υψηλή	6.0-10.0	<30	<0.6	>3	<10	A
Καλή	6.0-10.0	31-50	0.6-1.0	>3	11-20	A
Μέτρια	6.0-10.0	51-100	1.0-1.5	2.0-2.9	21-30	A
Ελλιπής	<5.9 ή >10.1	>101	>1.5	1.0-1.9	31-50	B
Κακή	<5.9 ή >10.1	>150	>1.5	<0.9	>51	C

A: ύπαρξη αρκετών έως πολλών ειδών ή ύπαρξη ενός μόνο είδους με παράλληλη απουσία εμφανών επιφανειακών συσσωματωμάτων φυκών και απουσία κυριαρχίας στο δείγμα (>95%) αποικιακών ή νηματοειδών Cyanobacteria ή Chlorococcales

B: όπως το A, αλλά παρατηρούνται ή συναντώνται περιοδικά επιφανειακά συσσωματώματα από Cyanobacteria

C: στο δείγμα κυριαρχούν αποικιακά ή νηματοειδή Cyanobacteria, με μεγάλη αφθονία ή περιοδική εμφάνιση.

**Πίνακας 61:** Ταξινόμηση των δειγματοληψιών της Λίμνης Κουμουνδούρου με βάση το σύστημα ECOFRAME.

Ημερομηνία	pH	Φώσφορος ( $\mu\text{g}/\text{l P-PO}_4$ )	Άζωτο ( $\text{mg}/\text{l N-NO}_3$ )	Χλωροφύλλη-α ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )
15/12/02	7.6	2.258	1.684	2.084
15/4/03	7.6	1.829	1.265	1.031
15/8/03	7.7	6.929	0.754	3.555
<b>Μ.Ο.</b>	<b>7.7</b>	<b>3.672</b>	<b>1.234</b>	<b>2.223</b>
07/02/11	7.8	7.807	4.063	4.749
01/04/11	7.8	2.011	3.008	15.774



01/06/11	8.8	1.876	0.274	1.753
25/07/11	9.2	1.476	0.134	1.399
28/09/11	9.0	1.711	0.124	2.894
18/01/12	9.1	1.804	1.826	13.843
<b>M.O.</b>	<b>8.6</b>	<b>2.781</b>	<b>1.571</b>	<b>6.735</b>

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι η Λίμνη Κουμουνδούρου αναφορικά με τις συγκεντρώσεις φωσφόρου και το pH χαρακτηρίζεται ως καλής - υψηλής ποιότητας. Αναφορικά με τις συγκεντρώσεις αζώτου, παρατηρείται μία υποβάθμιση των συνθηκών κυρίως λόγω των μετρήσεων των χειμώνων 2011 και 2012 ενώ ως προς τη χλωροφύλλη-α, η ποιοτική κατάσταση χαρακτηρίζεται επίσης ως υψηλή - καλή (

Πίνακας 61).

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα πρώτα αποτελέσματα της παρούσας ερευνητικής προσπάθειας δείχνουν ότι το οικοσύστημα της λίμνης Κουμουνδούρου είναι πολύ σημαντικό αφού φιλοξενεί μεγάλο αριθμό ειδών χλωρίδας και πανίδας, μερικά εκ των οποίων είναι σπάνια και ενδημικά (πχ το γένος ιχθύος *Aphanius*). Επίσης, η λίμνη Κουμουνδούρου είναι ένας από τους εναπομείναντες υγροτόπους στην Αττική και διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο σαν ενδιάμεσος σταθμός των αποδημητικών πτηνών που διέρχονται από την ευρύτερη περιοχή. Παρόλα αυτά, η λίμνη δέχεται σημαντικές πιέσεις από τις βιομηχανίες που βρίσκονται εντός της υδρολογικής της λεκάνης καθώς και από την αέρια ρύπανση (υγρή και ξηρή απόθεση) που είναι πολύ έντονη στην συγκεκριμένη περιοχή. Στην 3η και τελική φάση της παρούσας μελέτης, η ομάδα έργου συνέχισε την συντήρηση και λειτουργία των αυτόματων σταθμών παρακολούθησης της ποιότητας νερού στη λίμνη, ολοκλήρωσε τις δειγματοληψίες σε νερό και ίζημα (συνολικά 6 από την αρχή του έργου), σε 5 σταθμούς της λίμνης, συνέλεξε δείγματα για ανάλυση φυτοπλαγκτού και χλωροφύλλης ενώ ολοκλήρωσε την ιχθυολογική και ορνιθολογική έρευνα. Επιπρόσθετα, συνεχίστηκε η ανανέωση της ιστοσελίδας για την λίμνη Κουμουνδούρου ([www.lake-koumoundourou.gr](http://www.lake-koumoundourou.gr)) όπου δημοσιοποιούνται τα αποτελέσματα της παρούσας ερευνητικής προσπάθειας.

Τονίζεται ότι στην παρούσα τεχνική έκθεση γίνεται η αξιολόγηση της περιβαλλοντικής κατάστασης της λίμνης και παρουσιάζονται ολοκληρωμένες προτάσεις για την διαχείριση και διατήρηση της.

### 6.1. Χημική Ποιότητα

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η λίμνη Κουμουνδούρου παρουσιάζει μια σταδιακή βελτίωση ως προς σημαντικό αριθμό ποιοτικών παραμέτρων της σε σχέση με την δεκαετία του 90. Παρόλα αυτά, η λίμνη έχει υποστεί μια μικρή υποβάθμιση κυρίως ως προς το ολικό άζωτο (με κύριο συστατικό την αμμωνία) σε σχέση με την προηγούμενη δεκαετία ενώ παράμετροι όπως τα νιτρικά και φωσφορικά άλατα βρίσκονται σε σχετικά χαμηλά επίπεδα. Οι περισσότεροι εκ των υπολοίπων χημικών ρύπων φαίνονται να είναι σε ελαφρώς φθίνουσα η σταθερή διαχρονική τάση γεγονός που επιβεβαιώνεται και από την έντονη βιολογική δραστηριότητα που λαμβάνει χώρα στη λίμνη. Οι τιμές των βασικών φυσικοχημικών παραμέτρων (pH, αγωγιμότητα, διαλυμένο οξυγόνο και θολότητα) κυμαίνονται έντονα σε εποχική ή/και ημερήσια βάση, ευρισκόμενες όμως κατά το πλείστον σε αναμενόμενες τιμές για μια παράκτια λίμνη με δυναμικές βιογεωχημικές διεργασίες. Το διαλυμένο οξυγόνο κατά την περίοδο μελέτης

κυμαίνονταν σε καλά επίπεδα ενώ οι τιμές της θολότητας ήταν σχετικά χαμηλές (διαυγή νερά). Η αγωγιμότητα παρουσίαζε μικρότερες τιμές σε σχέση με το παρελθόν αλλά αυτό οφείλονταν κατά κύριο λόγο στις διαφορετικές ποσότητες γλυκού νερού που εισήλθαν από τις καρστικές πηγές στη λίμνη και από την μη λειτουργία του θυροφράγματος που αποκόπτει την επικοινωνία της λίμνης με τη θάλασσα και δημιουργεί εκτός των άλλων και σημαντικά προβλήματα στην μετακίνηση των ιχθυοπληθυσμών. Οι τιμές της αμμωνίας μετρήθηκαν πολύ υψηλές κατά τη χειμερινή και ανοιξιάτικη περίοδο ενώ μετά μειώθηκαν δραματικά σε μικρό χρονικό διάστημα. Το γεγονός αυτό δεν μπορεί να οφείλεται σε ατυχηματικού χαρακτήρα ρύπανση αλλά μπορεί να προέρχεται από μια εποχικού τύπου επιβάρυνση όπως η υπερσυγκέντρωση μεγάλου αριθμού πτηνών στη λίμνη, κάτι που παρατηρείται την δεδομένη εποχή του έτους. Έτσι, λόγω του μικρού μεγέθους της λίμνης, του μεγάλου αριθμού πτηνών που ξεπερνούν τις 5.000 άτομα (σύμφωνα με επίσημες καταγραφές) και της ιδιαίτερα πλούσιας σύστασης των περιττωμάτων των πτηνών σε άζωτο, μπορούν να εξηγηθούν οι εν λόγω συγκεντρώσεις αμμωνίας στη λίμνη, η χρονική διακύμανση των οποίων ακολουθεί την εποχική αυξομείωση των πληθυσμών των πτηνών που κατεγράφησαν από την ομάδα έργου. Το εν λόγω συμπέρασμα ενισχύεται και από πολυάριθμες διεθνείς έρευνες σε παρόμοια οικοσυστήματα που έχουν ποσοτικοποιήσει την επίπτωση στην ποιότητα νερού από την υπερσυγκέντρωση πτηνών. Στην περιοχή της λίμνης Κουμουνδούρου είναι πιθανό βέβαια να συμβάλλουν και άλλοι παράγοντες στο προαναφερθέν φαινόμενο, όπως η ξηρή και υγρή εναπόθεση αέριων ρύπων καθώς και η εισροή ρυπαντών από τις καρστικές πηγές αλλά ο συνδυασμός των δεδομένων (οι συγκεντρώσεις της αμμωνίας κοντά στις πηγές είναι χαμηλότερες σε σχέση με τις άλλες θέσεις δειγματοληψίας ενώ δεν παρατηρείται και σημαντική αύξηση των μικροβιακών φορτίων) συνηγορεί περισσότερο προς τη εκδοχή της επιβάρυνσης (ως προς την αμμωνία) λόγω εποχικής υπερσυγκέντρωσης πτηνών. Επίσης, τον χειμώνα του 2012 παρατηρήθηκαν στη λίμνη υψηλές τιμές νιτρικών ιόντων, γεγονός που μπορεί να οφείλεται αφενός στη ρύπανση από αστικά λύματα και αφετέρου στα περιττώματα πτηνών ενώ τον Ιούνιο, τον Ιούλιο και τον Νοέμβριο 2011 παρουσιάζονται πολύ υψηλές συγκεντρώσεις μικροβιακών φορτίων που συνδέονται κυρίως με αναξέλεγκτη διάθεση αστικών λυμάτων, απευθείας στη λίμνη είτε και σε παρακείμενα ρέματα που επικοινωνούν με τον υδροφόρο ορίζοντα της περιοχής. Συγκεκριμένα, κατά τον Ιούνιο και Ιούλιο 2011 οι συγκεντρώσεις μικροβιακών παραμέτρων ήταν πολύ υψηλές πλησίον των βασικών καρστικών πηγών της λίμνης (K4, K5), γεγονός που σημαίνει ότι η απόρριψη των αστικών λυμάτων έγινε σε παρακείμενο ρέμα ενώ τον Νοέμβριο 2011 οι υψηλές τιμές παρατηρήθηκαν στο νοτιοδυτικό άκρο της λίμνης πλησίον της Εθνικής οδού και επομένως η διάθεση των αστικών λυμάτων πραγματοποιήθηκε

πιθανότητα απευθείας στη λίμνη. Στο γεγονός αυτό συνηγορεί και το σημαντικό φορτίο E. Coli που μετρήθηκε στην συγκεκριμένη περίοδο ενώ στις υπόλοιπες δειγματοληψίες (Ιούνιος, Ιούλιος 2011) μόνο τα ολικά κολοβακτηρίδια ήταν υψηλά (λόγω του μεγάλου χρόνου παραμονής του υπόγειου νερού πριν την εκφόρτιση του μέσω των καρστικών πηγών ελαχιστοποιήθηκαν οι συγκεντρώσεις E. Coli). Επίσης, στην παραπάνω θέση (K1), πλησίον της Εθνικής Οδού, παρατηρήθηκαν σε ορισμένες δειγματοληψίες και πολύ υψηλές τιμές συγκεκριμένων βαρέων μετάλλων (Zn, Ni, Al, Mn) οι οποίες δεν απαντήθηκαν στις υπόλοιπες θέσεις δειγματοληψίας εντός της λίμνης. Το γεγονός αυτό συνηγορεί στην πιθανότητα απευθείας διάθεσης βιομηχανικών λυμάτων στη λίμνη στο εν λόγω σημείο. Τα προαναφερθέντα βαρέα μέταλλα χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία κατασκευής μεταλλικών προϊόντων που είναι μια από τις κύριες ανθρωπογενείς δραστηριότητες στην περιοχή.

Οι μέχρι τώρα αναλύσεις υδρογονανθράκων στο νερό έδειξαν ότι υπάρχει επιβάρυνση από σχετικές πηγές ρύπανσης αλλά οι διαχρονικές τάσεις είναι πτωτικές. Οι τιμές των υδρογονανθράκων στο νερό κατά τις πρόσφατες δειγματοληψίες είναι αισθητά χαμηλότερες σε σχέση με τις τιμές που είχαν καταγραφεί το 2003 ενώ στα ιζήματα δεν παρατηρείται η ίδια πτωτική πορεία λόγω της φύσεως της κατακράτησης και απορρόφησης των ρύπων, η οποία λειτουργεί σωρευτικά και με αργούς ρυθμούς.

Ως προς τα βαρέα μέταλλα στο νερό, αυτά παρουσίασαν κατά την περίοδο δειγματοληψίας σχετικά μικρές συγκεντρώσεις με εξαίρεση ορισμένα μεμονωμένα δείγματα που εμφάνισαν σε κάποια δειγματοληψία υψηλές τιμές Ni, Zn, Mn, Al και Pb. Παρόλα αυτά, οι τιμές των βαρέων μετάλλων, ως επί το πλείστον, ήταν κάτω από τα θεσμοθετημένα όρια ασφαλείας ενώ και οι διαχρονικές τους τάσεις ήταν σαφώς πτωτικές. Στο ίζημα, η εικόνα ήταν δυσμενέστερη όπως είναι αναμενόμενο (λόγω της λειτουργίας του σαν διαχρονική αποθήκη ρύπων) αφού τα όρια οικο-τοξικότητας της Αμερικάνικης Υπηρεσίας Περιβάλλοντος καθώς και άλλων συστημάτων ταξινόμησης ποιότητας νερού, ξεπερνιόντουσαν σε ορισμένες δειγματοληψίες για το Pb και το Ni (ενώ ήταν υψηλές για τον Hg και το Zn). Επίσης, έγινε προσπάθεια εκτίμησης της βιοσυσώρευσης των μετάλλων σε φυτά και ψάρια της λίμνης, από όπου προέκυψε ότι υπάρχει διαχρονική συσώρευση ρύπων στους βιολογικούς πόρους της λίμνης αλλά για να ποσοτικοποιηθεί με ακρίβεια η σχετική επιβάρυνση χρειάζεται περαιτέρω εξειδικευμένη έρευνα.

Η τροφική κατάσταση στη λίμνη παρουσιάζεται σαν μεσότροφη με τάσεις υποβάθμισης αλλά λόγω της σχετικά γρήγορης ανανέωσης του νερού της, του μεγάλου αριθμού μακρόφυτων που εξασφαλίζουν διαύγεια στον πυθμένα, της καλής οξυγόνωσης λόγω και της εντατικής φωτοσύνθεσης και της απόδοσης

της στάθμης μέσω της κατασκευής θυροφράγματος που εμποδίζει την αθρόα εισροή ρυπαντών, διατηρείται μια σχετικά μέτρια εικόνα διατήρησης της λίμνης.

## 6.2. Βιολογική Ποιότητα

### 6.2.1. Ιχθυοπανίδα

Η ιχθυοπανίδα της Λίμνης Κουμουνδούρου είναι φτωχή και επειδή δεν υπάρχει σύνδεση με την θάλασσα δημιουργούνται αφύσικα υποβαθμισμένες συνθήκες στην ιχθυοκοινότητα. Παρακάτω αναφέρουμε μερικά βασικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα της ιχθυοπανίδας.

- Η ιχθυοπανίδα της λίμνης είναι υποβαθμισμένη κυρίως λόγω του τεχνητού θυροφραγμού. Κατά το παρελθόν υπήρξαν μεγάλοι πληθυσμοί από κεφαλόπουλα και άλλα ευρύαλα είδη ψαριών που εισέρχονταν τακτικά μέσω της διώρυγας από την θάλασσα. Η λίμνη λειτουργούσα πρακτικά ως λιμνοθάλασσα (και ήταν διάσημη ως «φυσικό ιχθυοτροφείο»).
- Συλλέχθηκαν και παρατηρήθηκαν μόνο τρία είδη ψαριών στη Λίμνη Κουμουνδούρου.
- Ανακαλύφθηκε κατά το διάστημα αυτής της έρευνας το είδος *Aphanius fasciatus* ή Ζαμπαρόλα – προστατευόμενο είδος (βάσει του Παραρτήματος II της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ) ) που διατηρεί σχετικά χαμηλούς πληθυσμούς στη Λίμνη.
- Η πυκνότητα και των δύο ειδών ψαριών που κυριαρχούν στην λίμνη αυξήθηκε κατά την καλοκαιρινή περίοδο κοντά στις όχθες της λίμνης. Αυτό παρουσιάζει ιδιαίτερο λιμνολογικό ενδιαφέρον και απαιτεί διερεύνηση.
- Ένα από τα δύο κοινά είδη, το Κουνουπόψαρο φαίνεται να έχει πολύ υψηλές πυκνότητες στην λίμνη, κυρίως τους θερινούς μήνες. Επειδή το είδος είναι ξενικό μπορεί να προκαλεί κάποια φαινόμενα υποβάθμισης στην λίμνη (φαινόμενα ανταγωνισμού με το ενδημικό *Aphanius fasciatus*). Πρέπει να διερευνηθούν οι επιπτώσεις του εξαιρετικά πυκνού πληθυσμού αυτού του ξενικού είδους και να οργανωθούν προσεγγίσεις ανόρθωσης της φυσικότητας ιχθυοκοινότητας.
- Οι πληθυσμοί χελιών της Λίμνης είναι μάλλον χαμηλής πυκνότητας σχετικά με τις φυσιολογικές συνθήκες που αναμένονται. Πιθανότητα να λειτουργεί σαν σοβαρό εμπόδιο ο τεχνητός θυροφραγμός που υπάρχει στην δίοδο επικοινωνίας με τη θάλασσα. Ωστόσο μικρός αριθμός χελιών υπερβαίνει το εμπόδιο και εισέρχεται στη λίμνη. Έχουν παρατηρηθεί και φωτογραφηθεί χέλια μέσα στη λίμνη, όμως με τη συστηματική μέθοδο αλιευτικής δειγματοληψίας που χρησιμοποιήθηκε δεν

συλλέχθηκε κανένα χέλι. Ορισμένα μεγαλόσωμα χέλια παρατηρήθηκαν από την ερευνητική ομάδα στο σημείο του θυροφραγμού (σε ανοδική πορεία προς τη λίμνη) και ένα χέλι (μεγαλόσωμο) παρατηρήθηκε επίσης κατά τη διάρκεια δειγματοληψίας στο ΒΔ σημείο δειγματοληψίας της Λίμνης (Σημείο 1). Υπό φυσιολογικές συνθήκες το χέλι θα αφθονούσε στη λίμνη και θα τρέφονταν επίσης με τον μεγάλο αριθμό κουνοπόψαρων (ξενικό είδος) βοηθώντας στην αποκατάσταση της οικολογικής ισορροπίας.

- Ένα από τα βασικά προβλήματα στη διαχείριση της λίμνης διαφαίνεται να είναι η ανάγκη αποκατάστασης της ελεύθερο-επικοινωνίας των ψαριών με την θάλασσα στο σημείο του διάυλου-διώρυγας. Είναι βέβαιο ότι κατά το παρελθόν εισέρχονταν είδη ψαριών θαλασσινής προέλευσης. Ειδικά τα κεφαλόπουλα (Mugilidae) καθώς και ορισμένα άλλα ευρύαλα είδη μπορούν να επηρεάσουν την οικολογία του λιμνοσυστήματος διότι τρέφονται με υδρόβια βλάστηση. Κατά τους θερινούς μήνες υπάρχει μια σημαντική έξαρση της υδρόβιας βλάστησης. Προβλέπεται ότι φυτοφάγα είδη ψαριών όπως τα κεφαλόπουλα (Mugilidae) μπορεί να επιδράσουν αισθητά στη βλάστηση και να επηρεάσουν θετικά τα τοπικά τροφικά πλέγματα.

### 6.2.2. Ορνιθοπανίδα

Η ορνιθοπανίδα της Λίμνης είναι πλούσια και ενώ δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα για να γίνουν συγκρίσεις με άλλους υγροτόπους της Αττικής είναι βέβαιο ότι η περιοχή της Λίμνης Κουμουνδούρου έχει χαρακτηριστικά που της προσδίδουν εξαιρετικά υψηλό ορνιθολογικό ενδιαφέρον σε τοπικό και ίσως και περιφερειακό επίπεδο αξιολόγησης. Παρακάτω περιγράφουμε μερικά αδρά χαρακτηριστικά που ορίζουν την ορνιθοπανίδα της Λίμνης.

- Η περιοχή της Λίμνης έχει σχετικά μεγάλο αριθμό ειδών πουλιών (93 είδη) για μικρό υγρότοπο της νότιας Ελλάδας και ειδικά αν αναλογιστεί κανείς ότι πρόκειται για περι-αστικό υγρότοπο μέσα σε μια πολύ υποβαθμισμένη βιομηχανική ζώνη.
- Ο υγρότοπος δεν είναι καλά μελετημένος ορνιθολογικά και αυτή η παρούσα προσπάθεια ανασκόπησης και παρακολούθησης προφανώς δεν είναι ολοκληρωμένη ορνιθολογική μελέτη. Όμως κατά το διάστημα των επισκοπήσεων της παρούσας μελέτης φαίνεται ότι έχουν προστεθεί τουλάχιστον 15 νέα είδη στον κατάλογο ειδών της περιοχής.
- Οι λίμνη έχει μεγάλες συγκεντρώσεις υδρόβιων πουλιών κατά την διαχείμαση και την μετανάστευση. Για ορισμένα είδη οι αριθμοί που κατεγράφησαν είναι ίσως από τους

υψηλότερους σε υγρότοπο στην Αττική (π.χ. φαλαρίδα, αγριόπαπιες, γλάροι, ψαρόνια). Η Λίμνη Κουμουνδούρου μαζί με το Βουρκάρι Μεγάρων, τον Σχινιά Μαραθώνα, το Έλος Βραυρώνας και την Λιμνοθάλασσα Ωρωπού συγκαταλέγεται σαν μία από τις πέντε σημαντικότερες περιοχές για την υγροτοπική ορνιθοπανίδα της Αττικής.

- Μετά τις αρχές του 1990 ο υγρότοπος άλλαξε αρκετά τα λιμνολογικά χαρακτηριστικά του λόγω της ανύψωσης του θυροφραγμού που βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα του. Υπάρχουν σοβαρές πιθανότητες ότι ορισμένα είδη πουλιών έχουν αντιδράσει θετικά μετά την αλλαγή της φυσικο-χημικής κατάστασης στη Λίμνη αφού μειώθηκε η αλατότητα της Λίμνης. Τα είδη που ωφελήθηκαν από αυτό πιθανώς περιλαμβάνουν φυτοφάγα υδρόβια όπως είναι οι Φαλαρίδες αλλά και πολλά είδη που ζουν κοντά στους καλαμιώνες (οι καλαμιώνες αυξήθηκαν σε έκταση).
- Σχετικά λίγα αναπαραγόμενα είδη επιδημητικών πουλιών παρατηρούνται στη Λίμνη, όμως αρκετά είδη υδρόβιων και άλλων υγροτοπικών πουλιών αναπαράγονται στα έλη, στην παράχθια ζώνη της λίμνης.
- Ως υγρότοπος φιλοξενίας μεγάλων σμηνών διαχειμαζόντων πουλιών, ο υγρότοπος είναι μικρός, και ειδικά αν αναλογιστεί κανείς τις πολύ περιορισμένες εκτάσεις έλους (δηλ. εκτός από την ανοιχτή λιμναία επιφάνεια). Γενικά οι αριθμοί υδροβίων και άλλων υγροτοπικών πουλιών είναι συνεπώς αναλογικά ιδιαίτερα υψηλοί τους χειμερινούς μήνες. Αυτό πρέπει να οφείλεται στο γεγονός ότι δεν υπάρχει έντονη ανθρώπινη όχληση επειδή η παράχθια ζώνη αποτελεί περιοχή περιορισμένης πρόσβασης, δίπλα σε στρατόπεδο. Τα πουλιά δεν δείχνουν να ενοχλούνται από την παρουσία του μεγάλου αυτοκινητόδρομου στην «λουρονησίδα» της λίμνης. Ο συνεχής βόμβος που προκαλεί ο δρόμος δεν συνδέεται με κίνδυνο, όμως η παρουσία έστω ενός πεζού δίπλα στην λίμνη προκαλεί σοβαρή αναστάτωση και όχληση στα πουλιά.
- Το ζήτημα της ανθρώπινης όχλησης από πεζούς στην όχθη της λίμνης είναι από τα σοβαρότερα θέματα στη διαχείριση της λίμνης. Είναι βέβαιο ότι αν ήταν τακτική η παρουσία πεζών στην ανατολική και βόρεια όχθη της λίμνης ένα πολύ μεγάλο μέρος των πουλιών που διαχειμάζουν εκεί θα είχε εκτοπιστεί. Ιδιαίτερα ορισμένα είδη όπως ερωδιοί, αγριόπαπιες, χαραδριόμορφα, και αρπακτικά θα αναγκάζονταν να πετούσαν εκτός λίμνης αν υπήρξε ενόχληση από πεζούς (πιθανώς επειδή αυτά τα αποδημητικά είδη συνδέουν την παρουσία ανθρώπου με κυνηγούς). Τέλος επειδή η λίμνη δεν έχει νησίδες, δεν υπάρχει ασφαλές σημείο για τα πουλιά αυτά να

καταφύγουν προσωρινά και να εποπτεύουν τον γύρω χώρο – η μόνη διαφυγή τους είναι να πετάξουν αλλού.

- Η λίμνη έχει υπερτοπική σημασία για ορισμένα πολύ σπάνια και απειλούμενα προστατευόμενα είδη, όπως για παράδειγμα την τακτική παρουσία της βαλτόπαπιας (*Aythya nyroca*) και τον Μαυροκέφαλο Γλάρο (*Larus melanocephalus*). Μεγάλος αριθμός των μεταναστευτικών ειδών είναι προστατευόμενα είδη. Επειδή δεν έχουμε ακόμη πλήρη εικόνα της σύνθεσης των ειδών ή καλή εικόνα των αναπαραγόμενων ειδών δεν έχει γίνει λεπτομερής ανάλυση του καθεστώτος απειλής (conservation status) ή καθεστώτος προστασίας όλων των ειδών που έχουν παρατηρηθεί στη Λίμνη.
- Είναι γνωστό από αδημοσίευτες παρατηρήσεις ότι πολύ μεγάλος αριθμός από ψαρόνια (*Sturnus vulgaris*), πιθανώς 20.000 έως 25.000 άτομα κουρνιάζουν τα βράδια το φθινόπωρο και χειμώνα στον καλαμιώνα της Λίμνης. Μαζί με την τακτική παρουσία γλάρων (έως και 1700+ το φθινόπωρο 2010) είναι πιθανό να αυξάνεται το φόρτο θρεπτικών αλάτων στη λίμνη από τα περιττώματα τους. Αυτή η διεργασία είναι καθόλα φυσιολογική και έχει μεγάλο λιμνολογικό ενδιαφέρον.
- Πάνω από σημείο του ΒΑ τμήματος της όχθης της Λίμνης περνάνε ηλεκτροφόρα καλώδια από ψηλούς πυλώνες. Εκεί προσκρούουν αρκετά πουλιά (έχουν βρεθεί κάθε χειμώνα δεκάδες νεκρά ψαρόνια). Τα νεκρά πουλιά συχνά καταλήγουν μέσα στη λίμνη. Τα καλώδια αυτά ενδέχεται να παρουσιάζουν σοβαρό κίνδυνο πρόσκρουσης και ηλεκτροπληξίας / θανάτωσης σπάνιων και απειλούμενων ειδών (αρπακτικά, ερωδιοί, υδρόβια κ.α.).
- Από την σύνθεση της ορνιθοπανίδας απουσιάζουν αρκετά είδη πουλιών και αυτό είναι ένδειξη υποβάθμισης της φυσικής σύνθεσης που θα αναμενόταν στον συγκεκριμένο τύπο υγροτόπου. Απουσιάζουν αρκετά είδη καθώς και ομάδες πουλιών και αυτό έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τον σχεδιασμό της οικολογικής αποκατάστασης της λίμνης. Πολλά είδη χαραδριόμορφων πουλιών απουσιάζουν, όπως είδη στα γένη *Charadrius*, *Tringa*, *Philomachus*, κ.α. (επειδή οι όχθες έχουν επιχωματωθεί με μπάζα και δεν υπάρχουν κατάλληλα ενδιαιτήματα ή οι τύποι ενδιαιτημάτων που υπάρχουν είναι χαμηλής ποιότητας ή καλύπτουν εξαιρετικά μικρή έκταση). Παρομοίως η έλλειψη μεγαλοσώμων ψαριών δημιουργεί την «αφύσικη» απουσία μεγάλων ιχθυοφάγων πουλιών (κορμοράνοι, βουτηχτάρες κ.α. ). Γενικά οι αριθμοί ιχθυοφάγων ερωδιών ήταν επίσης αρκετά χαμηλοί επίσης, πιθανώς για αυτό το λόγο. Ο λόγος που η λίμνη δεν έχει



κοπάδια ψαριών θαλασσίνης προέλευσης είναι προφανώς λόγω του θυροφραγμού και αυτό είναι κάτι που υποβαθμίζει σοβαρά τη φυσική ακεραιότητα αυτού του ιδιόμορφου λιμναίου συστήματος.

- Η οικολογική έρευνα και επιστημονική παρακολούθηση της орνιθοπανίδας αποτελεί προτεραιότητα στον σχεδιασμό της οικολογικής αποκατάστασης του λιμναίου οικοσυστήματος.



**Εικόνα 134.** Ερωδιοί δίπλα στην λίμνη σε εκτάσεις με αβαθή νερά και αλόφυτα (αλμυρίθρες, στοιχεία του οικοτόπου *Sarcocornietea fruticosi*) κατά την φθινοπωρινή μετανάστευση. Πιθανότατα οι λευκοτσικνιάδες να τρέφονται με Κουνουπόψαρα και Ζαμπάρολες. Ο ανώριμος σταχτοτσικνιάς (κέντρο) απλά παραβρέθηκε μαζί με τα άλλα πουλιά διότι το σμήνος προσφέρει την αίσθηση ασφάλειας. Η έκταση που παρέχει η λίμνη με αβαθή παρόχθιες-υροτοπικές εκτάσεις είναι εξαιρετικά περιορισμένη και για αυτό πολλά παρυδάτια είδη πουλιών σπάνια παρατηρούνται σε σημαντικούς αριθμούς.

### 6.2.3. Υδρόβια Βλάστηση

Η βλάστηση της λίμνης, η οριοθέτηση οικοτόπων και η διερεύνηση των παραγόντων που επηρεάζουν την κατανομή, αφθονία, εξάπλωση και πυκνότητα πληθυκάλυψης έχουν ελάχιστα ερευνηθεί. Είναι βέβαιο ότι οι αλλαγές των φυσικο-χημικών συνθηκών καθώς και σταθεροποίησης της στάθμης της λίμνης έχουν επηρεάσει την υδρόβια και παρόχθια βλάστηση. Οι καλαμιώνες με αγριοκάλαμο (*Phragmites australis*) είναι αισθητά πιο εύρωστοι και πυκνοί σε σχέση με φωτογραφίες που υπάρχουν από την λίμνη στην δεκαετία του '80. Επειδή περιοριστικός παράγοντας για το αγριοκάλαμο είναι και η αλατότητα του νερού στα ριζώματα του, πιθανώς η επέκτασή του να οφείλεται στην μείωση της αλατότητας των υδάτων (λόγω της ανύψωσης του θυροφραγμού). Είναι σημαντικό να διερευνηθούν περισσότερο τα χλωριδικά χαρακτηριστικά καθώς και οι οικολογία της βλάστησης στην λίμνη.

Μια από τις μεγαλύτερες εκπλήξεις που αξίζει επιστημονική έρευνα είναι η μεγάλη πληθοκάλυψη χαροφυκών στην Λίμνη. Η παρουσία μεγάλων συγκεντρώσεων χαροφυκών συνήθως απαντάται σε μικρές υδατοσυλλογές όπως σε πηγαία νερά (λιμνοπηγές) καθώς και σε νερά με σχετικά καλή ποιότητα υδάτων. Αυτό δεν σημαίνει αυτόματα ότι τα χαροφύκη είναι ενδείκτες καλής ποιότητας των υδάτων - αλλά αξίζει να διερευνηθεί και να ερμηνευθεί επιστημονικά για ποιους λόγους κυριαρχούν τα χαρόφυτα στην Λίμνη Κουμουνδούρου. Η οικολογική έρευνα και επιστημονική παρακολούθηση της βλάστησης αποτελεί προτεραιότητα στον σχεδιασμό της οικολογικής αποκατάστασης του λιμναίου οικοσυστήματος.

## 7. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ - ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

### 7.1. Γενικές παρατηρήσεις

Η λίμνη Κουμουνδούρου είναι έναν 'παρεξηγημένο' οικοσύστημα αφού μέχρι πρόσφατα δεν υπήρχε καν αναγνώριση της ιδιαίτερης σημασίας του για την τοπική βιοποικιλότητα. Είναι προφανώς ένα υποβαθμισμένο και τεχνητώς βαρέως τροποποιημένο υδάτινο σώμα. Τα νερά της λίμνης έχουν άμεση σχέση με τον υδροφόρο ορίζοντα αλλά και την παρακείμενη παράκτια ζώνη, την οποία και εμπλουτίζουν μέσω μιας τεχνητής διώρυγας διαφυγής υδάτων προς την θάλασσα. Παρότι δεν έχει ως τώρα περιγραφεί αναλυτικά το συγκεκριμένο λιμναίο σύστημα ομοιάζει με παράκτια λιμνοθάλασσα αλλά έχει πολλές φυσικές ιδιομορφίες και έντονες ανθρωπογενείς τροποποιήσεις.

Είναι αδύνατο να αποκατασταθεί η λίμνη στην κατάσταση που ήταν πριν την βιομηχανική περίοδο ή παλιότερα. Η λίμνη βρίσκεται μέσα σε ένα σύνθετο πολιτισμικό τοπίο και η δράση του ανθρώπου την επηρεάζει ήδη για εκατονταετίες. Στόχος της αποκατάστασης θα πρέπει να είναι η ανόρθωση λειτουργιών και οικοσυστημικών δομών με σκοπό την βελτίωση των σχηματισμών και γνωρισμάτων που προσδίδουν ιδιαίτερες αξίες σε αυτό τον υγρότοπο.

Τονίζουμε τις παρακάτω προτεραιότητες:

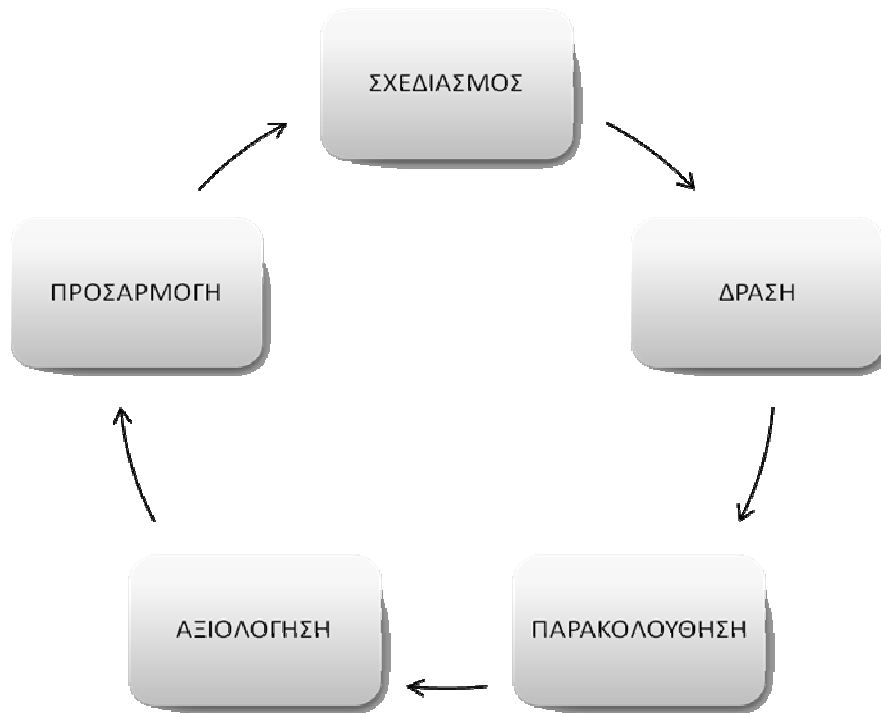
1. Ανάπτυξη επιστημονικού σχεδίου αποκατάστασης με την προσέγγιση της «προσαρμοζόμενης διαχείρισης» όπου θα επιβάλεται συνεχής έλεγχος και παρακολούθηση κάθε δράσης διαχείρισης, ανόρθωσης ή ανάπλασης. Η διαχείριση στην πράξη δεν μπορεί να είναι πλέον μια προδιαγεγραμμένη, σταθερή, λίστα οδηγιών και πρακτικών που ενδέχεται να είναι αναποτελεσματικές ή και βλαπτικές για το συγκεκριμένο οικοσύστημα. Για τον λόγο αυτό έχει επικρατήσει διεθνώς η πρακτική της προσαρμοζόμενης διαχείρισης όπου με δυναμικές διαδικασίες επανασχεδιάζονται και βελτιώνονται τα διαχειριστικά μέτρα όπου και όταν αυτό απαιτείται. Λόγω της τοπικής ιδιαιτερότητας και ευαισθησίας των περιβαλλοντικών συνθηκών στην Λίμνη υπάρχει υψηλός βαθμός αβεβαιότητας ως προς την εξέλιξη ή έκβαση συγκεκριμένων δράσεων αποκατάστασης. Χωρίς το πλαίσιο στενής επιστημονικής παρακολούθησης μπορούν να δημιουργηθούν απρόβλεπτα αποτελέσματα ακόμη και από απλές διαχειριστικές δράσεις.
2. Πρωταρχική δράση αποκατάστασης σε ότι αφορά το οικοσύστημα είναι η προσπάθεια αποτελεσματικού ελέγχου και μείωσης κάθε μορφή ρύπανσης. Αυτό απαιτεί βαθύτερη

διενέργεια αξιολόγησης και εκτίμησης της προέλευσης των ρυπογόνων πιέσεων. Επίσης, θα πρέπει να υπάρξει εντατικός έλεγχος στο χώρο γύρω από την λίμνη με χρήση νέων τεχνολογιών (πχ κάμερες, προειδοποιητικές σημάψεις, περιπολίες του στρατού, οικολογική περιφράξη, κτλ), ώστε να σταματήσει το φαινόμενο της ανεξέλεγκτης διάθεσης αστικών και βιομηχανικών λυμάτων απευθείας μέσα στη λίμνη αλλά και στα παρακείμενα ρέματα.

3. Εξαιρετικά σημαντική είναι η λειτουργική σύνδεση της λίμνης με την θάλασσα. Επειδή πρόκειται για ιδιόμορφο σύστημα παράκτιας λιμνοθάλασσας ελεγχόμενο από θυρόφραγμα πρέπει η συγκεκριμένη υποδομή να αποκατασταθεί με έργο που να μπορεί να ομοιάζει περισσότερο στην δομή και λειτουργία με λιμνοθάλασσα. Αυτό προϋποθέτει τα εξής:

- Ελεύθερη επικοινωνία των πληθυσμών ψαριών μεταξύ λίμνης και θάλασσας. Προβλέπεται ότι φυτοφάγα είδη ψαριών όπως τα κεφαλόπουλα (*Mugilidae*) μπορεί να επιδράσουν αισθητά στη βλάστηση και να επηρεάσουν θετικά τα τοπικά τροφικά πλέγματα.
- Πειραματική διακύμανση της εποχικής στάθμης της λίμνης (αυτό είναι σημαντικό για την βλάστηση, την αύξηση των παρόχθιων ενδονημάτων και την προσφορά ειδικών ενδονημάτων στην ορνιθοπανίδα.
- Τρίτο σημαντικό θέμα που προσδίδει ιδιαίτερη σημασία στην λίμνη είναι η διατήρηση των συνθηκών χαμηλής ανθρώπινης όχλησης στην παρόχθια ζώνη της λίμνης. Αν αυτό αλλάξει με την προσέλευση μεγάλων αριθμών επισκεπτών τότε τα πουλιά της περιοχής θα εκτοπιστούν και δεν θα λειτουργεί η περιοχή ως ειδικό καταφύγιο.

Το εγχείρημα της αποκατάστασης υγροτόπων προϋποθέτει βαθιά γνώση της τοπικής βιοποικιλότητας, εξειδικευμένη τεχνογνωσία, διεπιστημονική αντιμετώπιση, άριστη οργάνωση και εξασφάλιση οικονομικών μέσων και κινήτρων.



**Εικόνα 135:** Απλουστευμένος κύκλος του μοντέλου «Προσαρμοζόμενης Διαχείρισης» που ενδείκνυται σε οικοσυστήματα-περιοχές όπου υπάρχει σχετικά υψηλός βαθμός αβεβαιότητας ως προς την εξέλιξη ή έκβαση συγκεκριμένων δράσεων αποκατάστασης.

## 7.2. Αποκατάσταση της επικοινωνίας της λίμνης Κουμουνδούρου με τη θάλασσα

### 7.2.1. Εισαγωγή

Ένα από τα βασικά προβλήματα στη διαχείριση της λίμνης είναι ο περιορισμός της υδραυλικής επικοινωνίας λίμνης - θάλασσας λόγω της μη ουσιαστικής λειτουργίας του θυροφράγματος, που εμποδίζει την μετακίνηση των ιχθυοπληθυσμών μεταξύ των 2 αυτών υδάτινων σωμάτων. Είναι βέβαιο ότι κατά το παρελθόν εισέρχονταν είδη ψαριών θαλασσινής προέλευσης στη λίμνη. Ειδικά τα κεφαλόπουλα (Mugilidae) καθώς και ορισμένα άλλα ευρύαλα είδη μπορούν να επηρεάσουν θετικά την οικολογία του λιμνοσυστήματος διότι τρέφονται με υδρόβια βλάστηση και να μειώσουν έτσι την έξαρση της υδρόβιας βλάστησης που παρατηρείται κατά τους θερινούς μήνες και οδηγεί σταδιακά σε συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων νεκρής οργανικής ύλης που κατά την διαδικασία της αποσύνθεσης επιβαρύνουν ιδιαίτερα την ποιότητα νερού της λίμνης. Σήμερα το θυρόφραγμα παραμένει κλειστό

συνεχώς με αποτέλεσμα η στάθμη της λίμνης να ανυψώνεται και εποχικά να υπερχειλίζει. Η πρακτική αυτή έχει ως αποτέλεσμα αφενός την διαταραχή της ελεύθερο-επικοινωνίας των ψαριών με την θάλασσα και την μείωση της αλατότητας στο νερό της λίμνης, κάτι που συμβάλλει στην αύξηση του πληθυσμού των καλαμιών και της υδρόβιας βλάστησης γενικότερα. Η διαταραχή αυτή του οικοσυστήματος δεν μπορεί να θεωρηθεί ως θετική σε βάθος χρόνου, γιατί δύναται να συμβάλλει στην υποβάθμιση της τροφικής κατάστασης της λίμνης και ως εκ τούτου σε φαινόμενα ευτροφισμού. Συνεπώς, προτείνεται η αποκατάσταση της λειτουργίας του θυροφραγμού με επισκευή ή αντικατάσταση του, με τρόπο που να μπορεί να ανοιγοκλείνει σε ρυθμιζόμενο ύψος, εξ αποστάσεως και με συγκεκριμένο σχέδιο ώστε να γίνει δυνατή η επιθυμητή μετακίνηση ιχθυοπληθυσμών αλλά και να προστατευτεί το υδρολογικό καθεστώς της λίμνης.

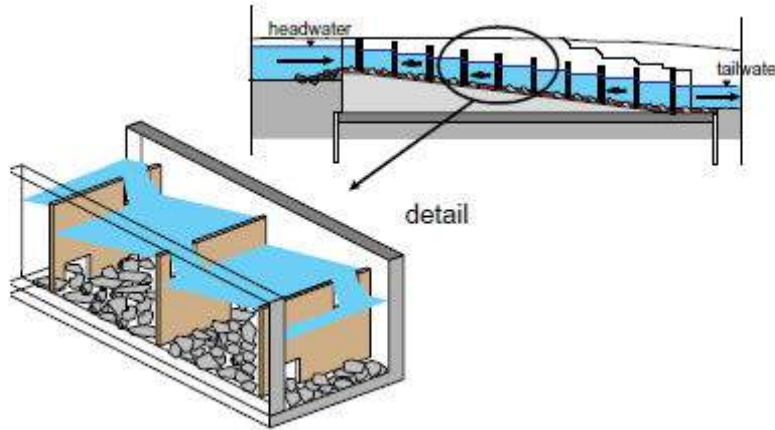
## **7.2.2. Προτεινόμενο πρόγραμμα αποκατάστασης της επικοινωνίας της λίμνης με τη θάλασσα**

### **7.2.2.1 Εισαγωγή**

Για την ελεύθερη μετακίνηση των διάδρομων ψαριών, όπως τα κεφαλοειδή, από τη θάλασσα προς τη λίμνη Κουμουνδούρου και αντίστροφα προτείνεται η κατασκευή περάσματος ψαριών ή ιχθυοδιαδρόμου - fishway (ή υδατοσκάλας ψαριών - fish ladder). Η τεχνολογία αυτή έχει αναπτυχθεί αρκετά στο εξωτερικό και ιδιαίτερα σε περιοχές όπως η βόρεια Ευρώπη, αλλά και η Αυστραλία και η Νέα Ζηλανδία και εφαρμόζεται ιδιαίτερα στις περιπτώσεις μεγάλων φραγμάτων ή υδατοφρακτών. Πρόκειται για κατασκευές που διευκολύνουν την μετανάστευση των υδρόβιων οργανισμών ανάντη ή κατάντη ενός τεχνητού εμποδίου. Η κατασκευή τους μπορεί να γίνει με καθαρά χρηστικά κριτήρια ή με στόχο να εναρμονίζεται με την φύση, ενώ παράλληλα υπάρχουν και ειδικές κατασκευές όπως οι ανελκυστήρες ψαριών.

Στην προκειμένη περίπτωση, λόγω του περιορισμένου χώρου αλλά και την ανάγκη σταδιακής ταπεινώσης της στάθμης του νερού από το 0,80 m περίπου ανάντη του θυροφράγματος της λίμνης στο 0,20 m στον αγωγό κάτω από την εθνική οδό, προτείνεται η κατασκευή περάσματος των ψαριών με την μορφή επάλληλων δεξαμενών. Στην περίπτωση αυτή η εκροή του νερού μεταξύ των δεξαμενών πραγματοποιείται μέσα από ανοίγματα σε κάθε τοίχιο, ενώ η δυναμική ενέργεια του νερού μειώνεται σταδιακά μέσα σε κάθε δεξαμενή. Τα ψάρια κινούνται από την κατάντη δεξαμενή στην ανάντη και

αντίστροφα από τα ανοίγματα στα τοιχεία. Υψηλές ταχύτητες νερού σημειώνονται μόνο τοπικά στην περιοχή των ανοιγμάτων, ενώ στις δεξαμενές οι ταχύτητες είναι μικρές και προσφέρουν στα ψάρια την δυνατότητα ξεκούρασης (FAO-DVWK, 2002, Εικόνα 136).



**Εικόνα 136:** Σχηματική απεικόνιση περάσματος ψαριών με επάλληλες δεξαμενές (FAO-DVWK, 2002)

#### 7.2.2.2 Σχεδιαστικά κριτήρια

Κατά τον σχεδιασμό του περάσματος ψαριών με επάλληλες δεξαμενές πρέπει να αποφεύγονται οι νεκρές γωνίες ή τα αδιέξοδα, ώστε να μην δημιουργείται τοπικά τυρβώδης ροής. Οι διαστάσεις των δεξαμενών πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να υπάρχει αρκετός χώρος για τα ψάρια να κινούνται άνετα και η ενέργεια του νερού να διαχέεται όσο το δυνατό πιο ομαλά. Ωστόσο, η ταχύτητα του νερού δεν πρέπει να μειωθεί πολύ, καθώς υπάρχει κίνδυνος σταδιακής πλήρωσης των δεξαμενών με φερτά.

Η διαφορά στάθμης μεταξύ των δεξαμενών καθορίζουν τις μέγιστες ταχύτητες ροής του νερού και συνεπώς υπάρχουν περιορισμοί ώστε τα ψάρια να μπορούν να κινούνται ανάμεσα στις δεξαμενές. Γενικά ισχύει η διαφορά στάθμης μεταξύ των δεξαμενών να μην υπερβαίνει τα 0,20 m, ενώ πιο ικανοποιητική θεωρείται μία διαφορά στάθμης στα 0,15 m. Το μήκος των δεξαμενών κυμαίνεται από 1,00 έως 2,25 m, ενώ προτείνεται να είναι μεγαλύτερο από 1,40 m. Η κλίση του πυθμένα των δεξαμενών πρέπει να κυμαίνεται από 1:15 έως 1:7 (4-8° ή 6,7-14,3%).

Η μέγιστη ταχύτητα νερού από τα ανοίγματα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2,0 m/s, ώστε να μην υπερβαίνει την ταχύτητα κολύμβησης των ψαριών. Ο υπολογισμός της ταχύτητας του νερού μπορεί να

γίνει από τη σχέση:  $v = \sqrt{2g\Delta h}$ , όπου  $g$  η επιτάχυνση της βαρύτητας ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ). Σύμφωνα με την σχέση αυτή, για να είναι η ταχύτητα του νερού μικρότερη από  $2,0 \text{ m/s}$  πρέπει το  $\Delta h$  να είναι μικρότερο από  $0,20 \text{ m}$  (Εικόνα 137).

Η παροχή νερού από το στόμιο κάθε τοιχίου από την συγκεκριμένη κατασκευή περάσματος ψαριών μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση:  $Q_a = 2/3\mu\sigma b_a \sqrt{2gh_{\text{weirhead}}}^{3/2}$ , όπου  $b_a$  το πλάτος του ανοίγματος,  $h_{\text{weirhead}}$  η υψομετρική διαφορά μεταξύ της στάθμης του νερού και της βάσης του στομίου του κατάντη ανοίγματος,  $\mu$  συντελεστής παροχής ( $\approx 0,6$ ) και  $\sigma$  συντελεστής μείωσης της ροής. Ο συντελεστής  $\sigma$

δίνεται από τη σχέση  $\sigma = [1 - (1 - \frac{\Delta h}{h_{\text{weirhead}}})^{1,5}]^{0,385}$ . Η σχέση αυτή ισχύει για  $0 \leq \frac{\Delta h}{h_{\text{weirhead}}} \leq 1$ . Αν  $\Delta h >$

$h_{\text{weirhead}}$ , τότε  $\sigma = 1$  (Larinier, 1992, Εικόνα 137).

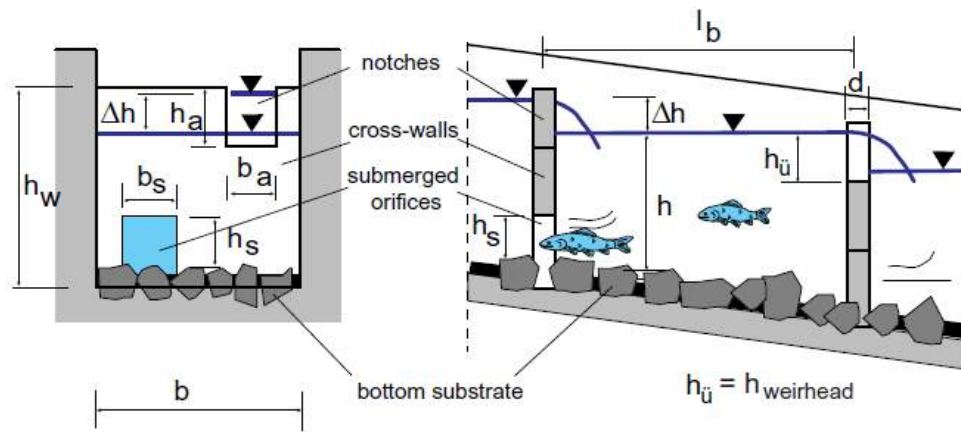
Κατά την συγκεκριμένη μορφή περάσματος ψαριών είναι δυνατό να κατασκευαστεί άνοιγμα και στο χαμηλότερο τμήμα του τοιχίου, για την ευκολότερη είσοδο των ψαριών στην ανάντη δεξαμενή. Στην περίπτωση αυτή η παροχή του νερού από το άνοιγμα υπολογίζεται από τη σχέση:  $Q_s = \psi A_s \sqrt{2g\Delta h}$ , όπου  $A_s = h_s b_s$  (ύψος και πλάτος του ανοίγματος) και  $\psi$  συντελεστής παροχής που εξαρτάται από τα σχεδιαστικά κριτήρια και τον πυθμένα της δεξαμενής και κυμαίνεται από  $0,65$  έως  $0,85$  (Εικόνα 137). Στην προκειμένη περίπτωση ωστόσο επιλέγεται η κατασκευή ανοίγματος μόνο στο πάνω τμήμα του τοιχίου.

Για να αποφευχθεί η παρουσία τυρβώδους ροής και να εξασφαλιστεί το "σπάσιμο" της κινητικής ενέργειας του νερού, πρέπει η διαχεόμενη ενέργεια  $E$ , η οποία υπολογίζεται από τη σχέση

$$E = \frac{\rho g \Delta h (Q_a + Q_s)}{b h_m (I_b - d)}$$

μέσο βάθος της δεξαμενής, να μην υπερβαίνει τα  $150$  με  $200 \text{ W/m}^3$  (Εικόνα 137).





**Εικόνα 137:** Πέρασμα ψαριών με επάλληλες δεξαμενές - υπολογισμοί (FAO-DVWK, 2002)

Οι δεξαμενές συνήθως κατασκευάζονται από σκυρόδεμα ή είναι λιθόκτιστες, ενώ τα τοιχεία κατασκευάζονται από σκυρόδεμα ή ξύλο. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, λόγω κόστους αλλά και απλότητας προτείνεται η κατασκευή του περάσματος ψαριών με σκυρόδεμα.

Ακόμα, προτείνεται στην τελευταία δεξαμενή να δημιουργηθεί μια μικρή λεκάνη ηρεμίας, ώστε να ικανοποιείται το κριτήριο ελάχιστου βάθους της δεξαμενής, ενώ παράλληλα θα λειτουργεί ως λεκάνη ξεκούρασης για τα ψάρια.

Τα σχεδιαστικά κριτήρια του περάσματος ψαριών με επάλληλες δεξαμενές φαίνονται στον Πίνακα 62.

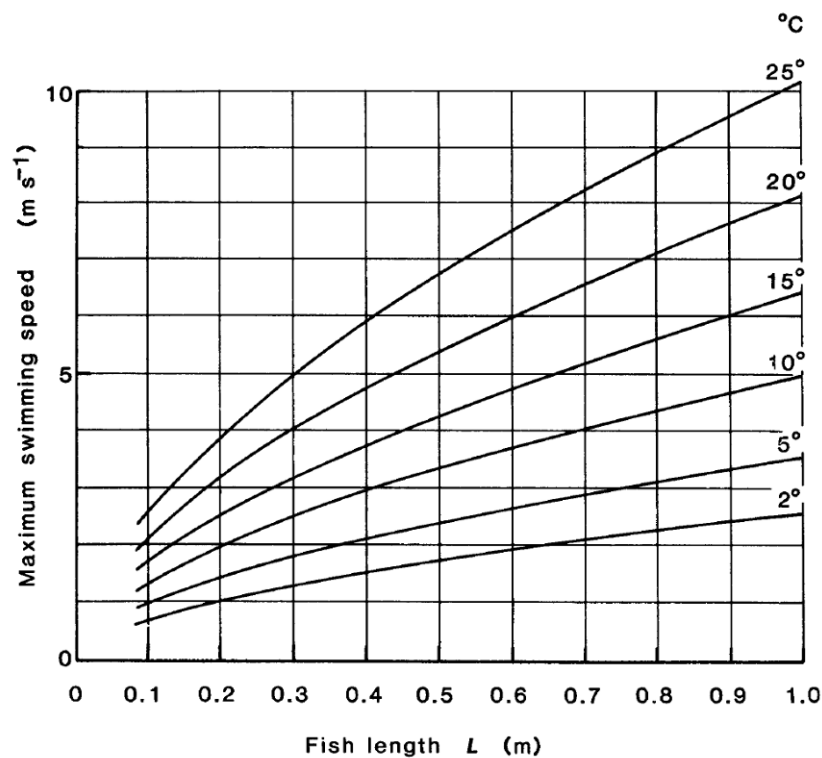
**Πίνακας 62:** Σχεδιαστικά κριτήρια του περάσματος ψαριών με επάλληλες δεξαμενές

Παράμετρος	Συμβολισμός	Προτεινόμενη τιμή	Τιμή σχεδιασμού
Μήκος δεξαμενών	$I_b$ (m)	1,00-2,25	1,50 m
Κλίση πυθμένα δεξαμενών	$I$ (-, °, %)	1:15-1:7, 4-8°, 6,7-14,3%	5,5°
Μήκος δεξαμενών	$I_b$ (m)	1,40-2,00	1,50 m
Πλάτος ανοίγματος	$b$ (m)	>1,00	1,50 m
Πλάτος ανοίγματος	$b_a$ (m)	-	0,30
Διαφορά στάθμης	$\Delta h$ (m)	0,15-0,20	0,15 m
Ελάχιστο βάθος νερού	$h$ (m)	>0,60	0,65 m
Μέγιστη ταχύτητα νερού	$v_{max}$ (m/s)	2,0	1,72 m/s
Παροχή νερού από το επάνω άνοιγμα	$Q_a$ (m <sup>3</sup> /s)	-	0,006 m <sup>3</sup> /s
Διαχεόμενη ενέργεια	$E$ (W/m <sup>3</sup> )	έως 150-200	5,02 (W/m <sup>3</sup> )

Στη συνέχεια, το νερό της λίμνης θα εισέρχεται στον παραλληλόγραμμο υπόγειο οχετό κάτω από την εθνική οδό Αθηνών - Κορίνθου, ο οποίος θα λειτουργήσει ως ιχθυοδιάδρομος που θα επιτρέπει την είσοδο των ψαριών από τον κόλπο της Ελευσίνας στο πέρασμα ψαριών. Αναφορικά με τον υπόγειο οχετό, θα πρέπει να ισχύουν οι ακόλουθες κατασκευαστικές, οικονομικές και οικολογικές συνθήκες (Katapodis, 1992):

- Η ταχύτητα του νερού εξόδου από το θυρόφραγμα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα κολύμβησης των ψαριών που αναμένεται να εισέλθουν στην λίμνη (κεφαλοειδή - *Mugil cephalus* και *Liza saliens* και χέλια - *Anguilla anguilla*). Η μέγιστη ταχύτητα κολύμβησης ενός ψαριού, καθώς και το χρονικό διάστημα για το οποίο κολυμπά με την μέγιστη ταχύτητα, εξαρτάται από το μέγεθος (μήκος) του ψαριού και την θερμοκρασία του νερού, η οποία επηρεάζει την σύσπαση των μυών. Με βάση τα βιβλιογραφικά δεδομένα προκύπτει ότι τα κεφαλοειδή εμφανίζουν ταχύτητα κολύμβησης μεγαλύτερη από 0,3 m/s για μεγάλο χρονικό διάστημα, ενώ μικρής ηλικίας άτομα και μεγέθους έως 10 cm είναι δυνατό να κολυμπήσουν με στιγμιαίες ταχύτητες μεγαλύτερες από 2,0 m/s (Karitzke, 2010). Δεδομένου ότι στην λίμνη Κουμουνδούρου αναμένεται να εισέρχονται κεφαλοειδή μεγέθους 7 έως 30 cm κατά την καλοκαιρινή περίοδο (Ιούλιο - Οκτώβριο) όταν η μέση θερμοκρασία του νερού κυμαίνεται από 25 έως 27°C, η ταχύτητα κολύμβησης θα μπορούσε να φτάσει μέχρι τα 5,0 m/s (Εικόνα 138).
- Η κλίση ιχθυοδιαδρόμου πρέπει να κυμαίνεται από 0,5 έως 5%. Στην προκειμένη περίπτωση υπολογίζεται ότι η κλίση του ιχθυοδιαδρόμου (αμέσως κατόντη της λεκάνης ηρεμίας έως την θάλασσα) είναι περίπου 0,3%, συνεπώς η συνθήκη αυτή καλύπτεται.
- Το βάθος του νερού πρέπει να έχει μία ελάχιστη τιμή σε όλο το μήκος του οχετού, προκειμένου το ψάρι να μπορεί να κινείται και να ελίσσεται άνετα στον ιχθυοδιάδρομο. Προτείνεται η κατασκευή αγωγού με κεντρικό αυλάκι διαστάσεων 0,4 x 0,4 m, ώστε να εξασφαλίζεται η ύπαρξη πάντα κάποιας ελάχιστης ροής νερού στον ιχθυοδιάδρομο την περίοδο λειτουργίας του. Σημειώνεται ότι ανά τακτά διαστήματα θα πρέπει το κεντρικό αυλάκι, όπως και ολόκληρος ο ιχθυοδιάδρομος να καθαρίζεται από τα φερτά υλικά της λίμνης.
- Η ταχύτητα του νερού κατά μήκος του ιχθυοδιαδρόμου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 1,2 m/s. Η ταχύτητα ροής σε έναν τέτοιο αγωγό δίνεται από τη εξίσωση Manning:  $v=(1/n)(A/P)^{2/3}J^{1/2}$ , όπου  $v$  η ταχύτητα ροής (m/s),  $A$  η επιφάνεια της διαβρεγμένης διατομής,  $P$  η περίμετρος της διαβρεγμένης

διατομής,  $J$  η κλίση της γραμμής ενέργειας και  $n$  ο συντελεστής τραχύτητας ( $s/m^{1/3}$ ) - συντελεστής Manning, ο οποίος εξαρτάται από το υλικό κατασκευής του αγωγού, τον αριθμό Reynolds, τις διαστάσεις της διατομής του αγωγού και το βάθος ροής. Με βάση τα χαρακτηριστικά του υπάρχοντος αγωγού και βιβλιογραφικά δεδομένα (Chow, 1959), ο συντελεστής Manning  $n$  θα μπορούσε να θεωρηθεί ίσος με 0,025. Αν δεχτούμε ότι την περίοδο που λειτουργεί ο ιχθυοδιάδρομος υπάρχει πάντα νερό στο κεντρικό αυλάκι του αγωγού διαστάσεων 0,4 x 0,4 m, η ταχύτητα του νερού θα είναι 0,57 m/s.



**Εικόνα 138:** Μέγιστη ταχύτητα κολύμβησης των ψαριών συναρτήσει του μήκους τους για διάφορες θερμοκρασίες νερού (Beach, 1984).

Με βάση όλα τα παραπάνω προτείνεται η κατασκευή που φαίνεται στο Παράρτημα II (Προτεινόμενο πρόγραμμα αποκατάστασης της επικοινωνίας της λίμνης Κουμουνδούρου με τη θάλασσα).

Είναι σημαντικό να οριστεί η χρονική περίοδος για την οποία θα εφαρμοστεί το πρόγραμμα λειτουργίας του περάσματος ψαριών με επάλληλες δεξαμενές, με κριτήρια την αναπαραγωγική περίοδο των ψαριών (Ιούλιος με Οκτώβριο για τα κεφαλοειδή), ενώ την υπόλοιπη περίοδο είναι δυνατό το θυρόφραγμα να λειτουργεί ως υπερχειλιστής, όπως σήμερα.

Με βάση το υδρολογικό ισοζύγιο της λίμνης Κουμουνδούρου για την περίοδο παρακολούθησης (Απρίλιος 2011 - Μάρτιος 2012), το σύνολο των εκροών για την περίοδο Ιούλιος - Οκτώβριος είναι 46.038,8 m<sup>3</sup>. Με βάση τους υπολογισμούς του Πίνακα 62, όπου η παροχή του νερού από το πάνω άνοιγμα υπολογίστηκε ίση με 0,006 m/s<sup>3</sup>, κατά την περίοδο Ιούλιο - Οκτώβριο θα διαφύγουν από την λίμνη 63.154,5 m<sup>3</sup>. Η εν λόγω διαφορά στην εκροή του θυροφράγματος δεν είναι σημαντική με δεδομένο το ότι θα υπάρξει και μικρή ταπείνωση της στάθμης της λίμνης (περίπου 15cm) εξαιτίας της ανακατασκευής του θυροφράγματος, κάτι που θα εξισορροπήσει ούτως ή άλλως τις ελαφρώς αυξημένες εκροές προς την θάλασσα. Οι προτεινόμενες υδρολογικές αλλαγές στη λίμνη θα δημιουργήσουν νέες υδροοικολογικές ισορροπίες, που ενδέχεται να περιλαμβάνουν μια μικρή αύξηση της αλατότητας και μικρότερο χρόνο παραμονής των υδάτων στη λίμνη, που όμως δεν θα είναι όμως πολύ διαφορετικά από τις σημερινές συνθήκες. Τα ανωτέρω σε συνδυασμό με την αποκατάσταση της ελευθερο-επικοινωνίας των ιχθυοπληθυσμών μεταξύ λίμνης και θάλασσας θα συμβάλλουν θετικά στην οικολογική αποκατάσταση της λίμνης.

### 7.2.2.3 Κοστολόγηση προτεινόμενου προγράμματος

Η κατασκευή του συγκεκριμένου περάσματος ψαριών προϋποθέτει αρχικά την κατασκευή κεκλιμένου επιπέδου, πάνω στο οποίο θα κατασκευαστούν τα τοιχία τα οποία θα οριοθετούν τις δεξαμενές. Η ράμπα αυτή, σύμφωνα με τα σχεδιαστικά κριτήρια του Πίνακα 62 θα έχει κλίση 5,5°, μήκος 6,15 m και πλάτος 1,50 m.

Παράλληλα, δεδομένου ότι ο χώρος όπου θα κατασκευαστούν οι δεξαμενές έχει μεγαλύτερο πλάτος από αυτό που προτείνεται κατασκευαστικά, πρέπει να κατασκευαστεί επίμηκες τοιχίο μήκους 6,15 m, ύψους 1,10 m και πάχους τουλάχιστον 0,10 m.

Τέλος, δεδομένου ότι τα διατηρηθεί η υπάρχουσα κατασκευή του θυροφράγματος με κάποιες τροποποιήσεις, θα χρειαστεί να κατασκευαστούν τέσσερα (4) ακόμα εγκάρσια τοιχία για την δημιουργία των δεξαμενών. Τα τοιχία αυτά, σύμφωνα με τον Πίνακα 62, θα έχουν μήκος 1,50 m, ύψος 1,10 m και πάχος 0,05 m τουλάχιστον.

Με βάση τα παραπάνω υπολογίζεται ο συνολικός όγκος σκυροδέματος που θα χρειαστεί για την κατασκευή του συγκεκριμένου περάσματος ψαριών (Πίνακας 63). Υπολογίζεται ότι συνολικά θα χρειαστούν περίπου 6,4 m<sup>3</sup>.

Παράλληλα, επειδή η υδροστατική πίεση που θα αναμένεται να δέχονται τα τοιχία των δεξαμενών είναι αρκετά μεγάλη, προτείνεται η χρησιμοποίηση ελαφρά οπλισμένου σκυροδέματος με μεταλλικό πλέγμα.

**Πίνακας 63:** Ογκομέτρηση απαιτούμενου σκυροδέματος

Ράμπα		Επίμηκες τοιχίο		Εγκάρσια τοιχία	
Μήκος	6.15m	Μήκος	6.15m	Μήκος	1.50m
Πλάτος	1.50m	Πάχος	0.10m	Πάχος	0.05m
Ύψος	0.59m	Ύψος	1.10m	Ύψος	1.10m
Κλίση	5.5°			Άνοιγμα	0.30m
Όγκος	5.46m <sup>3</sup>	Όγκος	0.68m <sup>3</sup>	Όγκος	0.24m <sup>3</sup>
<b>Σύνολο</b>					<b>6,38 m<sup>3</sup></b>

Με βάση τα παραπάνω και θεωρώντας ότι το κόστος του σκυροδέματος κυμαίνεται από 60 έως 65 €/m<sup>3</sup> (συμπεριλαμβάνονται η προμήθεια και η μεταφορά του σκυροδέματος), το κόστος της πρέσας περίπου 150 € (λόγω της μικρής ποσότητας των κυβικών), το κόστος του οπλισμού 0,60 €/kgf και 110 kgf οπλισμός/m<sup>3</sup> σκυροδέματος και το κόστος του συνεργείου διαμόρφωσης του ξυλότυπου και της διάστρωσης του σκυροδέματος 60 €/m<sup>3</sup>, με ασφαλιστικές εισφορές περίπου 45 €/m<sup>3</sup>, δίνεται ένας προκαταρκτικός προϋπολογισμός του συνολικού κόστους της κατασκευής του περάσματος ψαριών με επάλληλες δεξαμενές (Πίνακας 64). Δεδομένου ωστόσο ότι ενδέχεται να προκύψουν αναπροσαρμογές και έκτακτες ανάγκες κατά την κατασκευή του περάσματος ψαριών, προτείνεται για λόγους ασφαλείας αύξηση του προϋπολογισμού κατά 30% (2.111 - 2.153€).

**Πίνακας 64:** Κοστολόγηση κατασκευής περάσματος ψαριών με επάλληλες δεξαμενές

Εργασία	Τιμή μονάδος	Ποσότητα	Κόστος
Σκυρόδεμα	60-65€/m <sup>3</sup>	6,4 m <sup>3</sup>	383-415€
Πλέγμα	0,60 €/m <sup>3</sup>	110 kgf/m <sup>3</sup>	421€
Κόστος πρέσας	-	-	150€
Συνεργείο ξυλότυπου	60 €/m <sup>3</sup>	-	383€
Ασφαλιστικές εισφορές συνεργείου ξυλότυπου	45 €/m <sup>3</sup>	-	287€
<b>Σύνολο</b>			<b>1.624-1.656€</b>
<b>Σύνολο (+30%)</b>			<b>2.111-2.153€</b>

### 7.3. Επιχειρησιακή παρακολούθηση της οικολογικής ποιότητας των υδάτων της λίμνης Κουμουνδούρου

Η παρακολούθηση της οικολογικής ποιότητας των υδάτων της λίμνης Κουμουνδούρου είναι ένα άμεσο και απαραίτητο μέτρο για την κατανόηση των επιπτώσεων και της αποτελεσματικότητας των όποιων διαχειριστικών ή άλλων μέτρων εφαρμοστούν στη λίμνη Κουμουνδούρου ενώ λειτουργεί και ως σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για ατυχηματικά ή και παραμένοντα γεγονότα ρύπανσης. Επίσης, η επιχειρησιακή παρακολούθηση λειτουργεί και αποτρεπτικά για τους πιθανούς ρυπαντές αφού παράγει την απαιτούμενη γνώση για την συσχέτιση του αιτίου με το αιτιατό ως προς την ποιοτική κατάσταση της λίμνης και επομένως μπορεί να δώσει το έναυσμα για διαδικασίες απόδοσης των σχετικών ευθυνών εφόσον χρειαστεί.

Για τους ανωτέρω λόγους κρίνεται απαραίτητη η επιχειρησιακή παρακολούθηση της οικολογικής ποιότητας νερού της λίμνης που θα πρέπει να περιλαμβάνει:

- 1) την χημική παρακολούθηση των κάτωθι παραμέτρων δύο φορές τον χρόνο (άνοιξη και φθινόπωρο): pH, αλατότητα, διαλυμένο οξυγόνο, θερμοκρασία νερού, νιτρώδη, νιτρικά, αμμωνιακά, φωσφορικά, Ni, Pb, Cu, Zn, Mn, Al, Hg, κολοβακτηρίδια, E. Coli, Πολυαρωματικούς και αλειφατικούς υδρογονάνθρακες. Η δειγματοληψία πρέπει να γίνεται σε τουλάχιστον 3 από τους υπάρχοντες σταθμούς της λίμνης (K4, K5 και K1).
- 2) την βιολογική παρακολούθηση των κάτωθι παραμέτρων δύο φορές τον χρόνο (άνοιξη και καλοκαίρι): συγκέντρωση χλωροφύλλης-α (στους σταθμούς K4, K5 και K1), αφθονία και είδη πτηνών, αφθονία και είδη ψαριών.

Τα ανωτέρω στοιχεία πρέπει να χρησιμοποιούνται για να γίνεται η εκτίμηση της ποιότητας νερού για κάθε ομάδα παραμέτρων αλλά και για την οικολογική ποιότητα της λίμνης συνολικά και να προτείνονται επιπρόσθετα διαχειριστικά μέτρα ή βελτιωτικές δράσεις των ήδη υπαρχόντων μέτρων, εφόσον αυτό απαιτείται. Επίσης, τα αποτελέσματα των μετρήσεων θα πρέπει να δημοσιοποιούνται στους αρμόδιους φορείς για την διαχείριση και προστασία της λίμνης καθώς και σε σχετική ιστοσελίδα. Το κόστος για την ανωτέρω επιχειρησιακή παρακολούθηση είναι περίπου 10.000 ευρώ ετησίως.

#### 7.4. Παρακολούθηση ποιότητας νερού υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα στην υδρολογική λεκάνη της λίμνης Κουμουνδούρου

Για να ελεγχθούν αποτελεσματικά οι ρυπαντικές πιέσεις και να μειωθούν οι εισροές ρύπων στη λίμνη είναι απαραίτητο να εφαρμοστεί ένα πρόγραμμα παρακολούθησης της ποιότητας νερού του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα της υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Κουμουνδούρου. Είναι ευρέως γνωστό και προέκυψε και από την παρούσα ερευνητική προσπάθεια ότι ένα μεγάλο τμήμα των ρύπων που εισέρχονται στη λίμνη Κουμουνδούρου προέρχονται από τις βιομηχανικές και βιοτεχνικές δραστηριότητες που υπάρχουν και είναι ιδιαίτερα εντατικές στην υδρολογική λεκάνη της λίμνης. Οι δραστηριότητες αυτές παράγουν υγρούς και αέριους ρύπους που επιβαρύνουν την λίμνη είτε διαμέσου της ατμόσφαιρας (υγρή / ξηρή εναπόθεση), ή και διαμέσου του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, ο οποίος εκφορτίζεται εν μέρει στη λίμνη μέσω των καρστικών υπολίμνιων πηγών που υπάρχουν στο βορειοανατολικό τμήμα της. Οι ρυπαντικές αυτές πιέσεις, ως προς τον υδροφόρο, δημιουργούνται είτε μέσω διαρροών από βιομηχανικές / βιοτεχνικές εγκαταστάσεις ή και λόγω εσκεμμένης απόρριψης σε γεωτρήσεις ή και σε ρέματα της περιοχής. Επομένως για να μειωθεί το φαινόμενο αυτό και να ελεγχθούν οι ρυπαίνοντες πρέπει να εφαρμοστεί ένα πρόγραμμα παρακολούθησης της ποιότητας του υπόγειου νερού σε διάσπαρτες γεωτρήσεις που υπάρχουν και καλύπτουν γεωγραφικά ολόκληρη την υδρολογική λεκάνη. Έτσι, ένας ελάχιστος αριθμός δέκα γεωτρήσεων πρέπει να παρακολουθείται (τουλάχιστον 3 εκ των οποίων πρέπει να βρίσκονται περιμετρικά της λίμνης και σε απόσταση μικρότερη από 1 km από αυτή) σε τουλάχιστον εποχική βάση (4 φορές το χρόνο) για τις κάτωθι παραμέτρους:

pH, αγωγιμότητα, θερμοκρασία νερού, διαλ. Οξυγόνο, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, PO<sub>4</sub>, Cu, Al, Pb, Zn, Ni, Mn, Hg, Fe, Cd, Κολοβακτηρίδια, E. Coli, Πολυαρωματικούς και αλειφατικούς υδρογονάνθρακες.

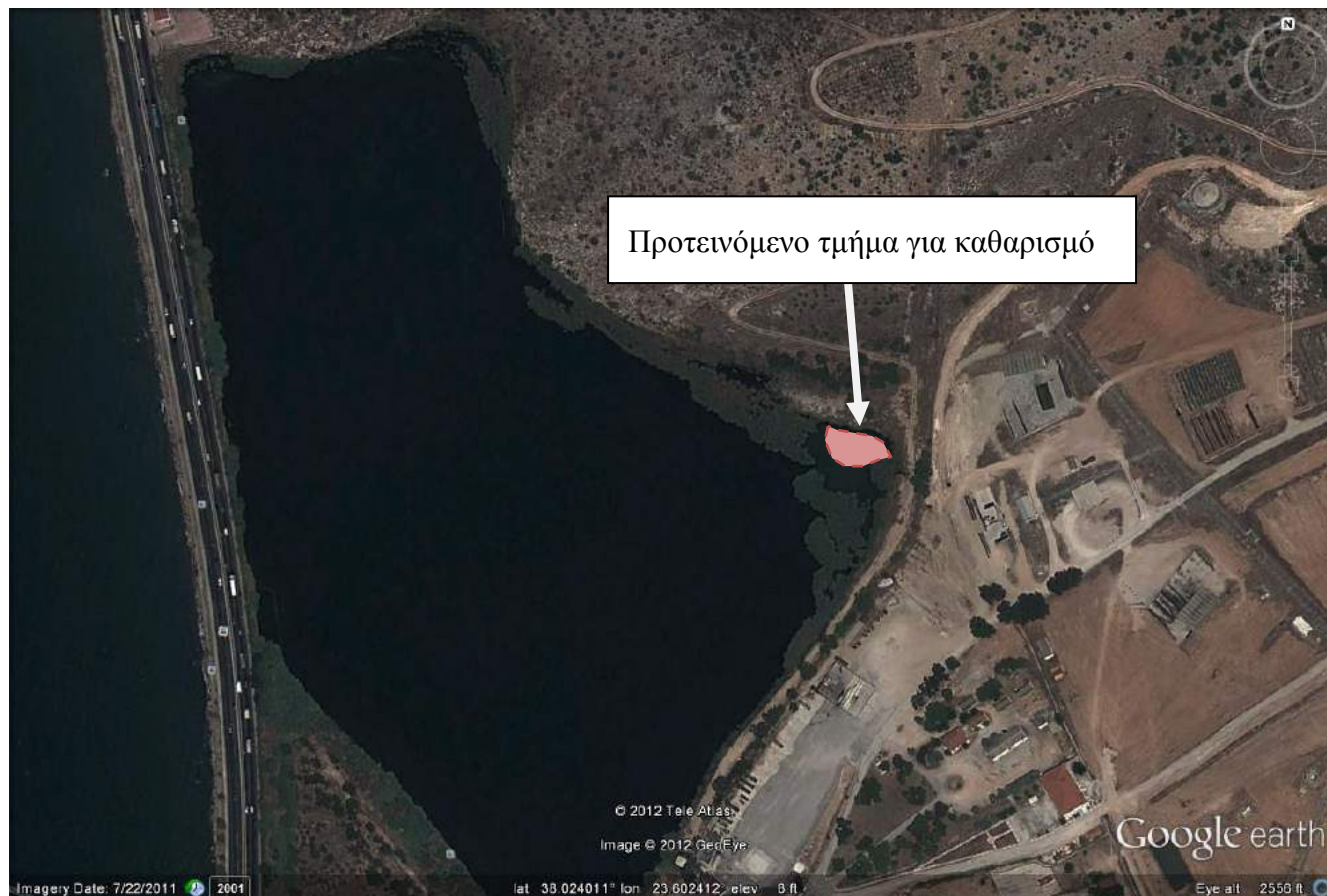
Τα αποτελέσματα των μετρήσεων θα πρέπει να αξιολογούνται ως προς την χημική ποιότητα του υδροφόρου με βάση τα προβλεπόμενα στην Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα (2000/60/ΕΕ) ενώ θα πρέπει να παρουσιάζεται και η διαχρονική ποιοτική τάση για κάθε γεώτρηση και παράμετρο. Επίσης, τα αποτελέσματα των μετρήσεων θα πρέπει να δημοσιοποιούνται στους αρμόδιους φορείς για την διαχείριση και προστασία της λίμνης καθώς και σε σχετική ιστοσελίδα. Το κόστος για την ανωτέρω εργασία είναι περίπου 40.000 ευρώ ανά έτος (για 10 γεωτρήσεις και 4 δειγματοληψίες).

### 7.5. Καθαρισμός μικρού έλους στο νοτιοδυτικό τμήμα της λίμνης

Η διαδικασία του καθαρισμού του πυθμένα επιβαρυσμένων με χημικούς ρύπους λιμνών και λιμνοδεξαμενών είναι μια ευρέως διαδεδομένη διαδικασία διεθνώς που έχει αποδειχθεί ότι στην μεγάλη πλειοψηφία των περιπτώσεων έχει θετικά αποτελέσματα χωρίς όμως να λείπουν και οι περιπτώσεις που παρατηρήθηκαν σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις χωρίς να υπάρξει σημαντική βελτίωση στη χημική κατάσταση της λίμνης. Στην συγκεκριμένη περίπτωση αν και το ίζημα της λίμνης παρουσιάζει χειρότερη ποιοτικά εικόνα από το νερό της, δεν προτείνεται να γίνει κάτι τέτοιο αφενός για περιβαλλοντικούς λόγους (θα κατέστρεφε την φυτοκοινωνία μακροφύτων της λίμνης που είναι πολύ σημαντική) και αφετέρου για οικονομικούς λόγους (πολύ υψηλό κόστος εφαρμογής). Παρόλα αυτά, υπάρχει ένα μικρό έλος στο νοτιοδυτικό τμήμα της λίμνης που συγκεντρώνει εποχικά πολύ μεγάλους αριθμούς πτηνών και συσσωρεύει ως εκ τούτου μεγάλο όγκο περιττωμάτων που παρέχουν πολύ μεγάλες ποσότητες θρεπτικών αλάτων, τοπικά στο ίζημα. Τα θρεπτικά άλατα αυτά ξαναπαίρνουν εν μέρει στην υδάτινη στήλη είτε λόγω επαναιώρησης του ιζήματος αφού στην συγκεκριμένη περιοχή δεν υπάρχει σημαντική κάλυψη από μακρόφυτα είτε μέσω της αυξομείωσης της στάθμης της λίμνης. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και από τις πολύ υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνιακών και νιτρικών που παρατηρήθηκαν στους παρακείμενους σταθμούς δειγματοληψίας K2 και K3 κατά τους χειμερινούς μήνες του 2011 και 2012.

Ως εκ τούτου για την απομείωση των θρεπτικών αλάτων που επανέρχονται στην υδάτινη στήλη της λίμνης προτείνεται ο καθαρισμός με μηχανικά μέσα του επιφανειακού στρώματος ιζήματος (30-40 cm) του μικρού έλους που βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα της λίμνης κατά την καλοκαιρινή περίοδο (κατά προτίμηση τον Ιούλιο) ώστε να μην επηρεάζεται η ορνιθοπανίδα της. Ο καθαρισμός αυτός θα πρέπει να επαναλαμβάνεται κάθε 3-4 χρόνια και το ίζημα θα πρέπει να απομακρύνεται και να αποτίθεται σε νόμιμο ΧΥΤΑ (θα ήταν πιθανό να χρησιμοποιηθεί και σαν λίπασμα αλλά πρέπει να γίνουν εξειδικευμένες αναλύσεις πριν από αυτό). Η έκταση που θα καθαρίζεται φαίνεται στο παρακάτω σχέδιο και είναι περίπου 900 m<sup>2</sup> ενώ ο συνολικός όγκος του ιζήματος που θα πρέπει να απομακρυνθεί φτάνει περίπου τα 400 m<sup>3</sup>. Το κόστος για την συγκεκριμένη δράση αναμένεται να φτάσει περίπου τα 4-5.000 ευρώ.





#### 7.6. Η αναψυχή, περιβαλλοντική εκπαίδευση και περιβαλλοντική ερμηνεία στην Λίμνη Κουμουνδούρου.

Ως περι-αστικός υγρότοπος, η Λίμνη Κουμουνδούρου δυνητικά θα μπορούσε να δέχεται επισκέπτες για αναψυχή και περιβαλλοντική εκπαίδευση. Υπάρχουν ελάχιστοι υγρότοποι παρόμοιου τύπου σε άμεση εγγύτητα με το λεκανοπέδιο Αττικής και η περιοχή συνδυάζει ενδιαφέροντα ζητήματα έρευνας και ερμηνείας ενός υποβαθμισμένου οικοσυστήματος με σοβαρές προκλήσεις διερεύνησης των προβλημάτων αποκατάστασης και διαχείρισης. Επίσης η λίμνη έχει εντυπωσιακό ορνιθολογικό ενδιαφέρον και επειδή είναι μικρή η έκτασή της, επιτρέπει την παρατήρηση πουλιών από σχετικά κοντινές αποστάσεις. Η παρατήρηση πουλιών στην λίμνη θα πρέπει να γίνεται κυρίως με κιάλια και τηλεσκόπιο και δεν θα μπορεί να επιτραπεί η πεζοπορία σε μεγάλο τμήμα της όχθης της λίμνης, λόγω της όχλησης που θα μπορούσε να προκαλέσει αυτό στα πουλιά.

Η ορνιθολογική σημασία της λίμνης είναι σίγουρα υπερτοπικής αξίας επειδή πολλά από τα είδη είναι προστατευόμενα (βάσει Κοινοτικής Οδηγίας και Ελληνικής Νομοθεσίας). Συνεπώς η όχληση τους από πεζούς στην παρόχθια ζώνη της λίμνης μπορεί να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα εκτόπισης καθώς και την αλλαγή της φυσικής τους συμπεριφοράς κατά την διαχείμαση, αναπαραγωγή και μετανάστευση. Αυτό το ζήτημα διερευνήθηκε κατά τις επισκέψεις της ερευνητικής ομάδας στην περιοχή και αποτελεί σημαντικό κριτήριο στον σχεδιασμό έργων αναψυχής και περιβαλλοντικής εκπαίδευσης στην περιοχή.

Οι μεγάλοι αριθμοί πουλιών που διαχειμάζουν, κουρνιάζουν ή/και τρέφονται στην λίμνη είναι ιδιαίτερα ευάλωτοι στην όχληση επειδή η λίμνη έχει πολύ περιορισμένη έκταση ελωδών τμημάτων στις όχθες και καθόλου νησίδες. Συνεπώς τα είδη αυτά δεν μπορούν να καταφύγουν σε σημεία όπου νιώθουν ασφάλεια και έχουν εποπτεία της λίμνης και αφού ενοχληθούν ενδέχεται να μετακινηθούν σε άλλη περιοχή. Αυτό το πρόβλημα ισχύει κυρίως για ορισμένα υδρόβια-παρυδάτια-πελαργόμορφα και αρπακτικά πουλιά που είναι και τα πιο απειλούμενα προστατευόμενα είδη της περιοχής. Ειδικά κατά τις μεγάλες συγκεντρώσεις υδρόβιων πουλιών των χειμώνα (Νοέμβριο - Μάρτιο) αλλά και την ευαίσθητη περίοδο της φωλεοποίησης-αναπαραγωγής (Μάρτιο - Ιούλιο) η πρόσβαση πεζών στις όχθες ή ακόμη και στον λόφο δίπλα στη λίμνη προκαλεί πολύ σοβαρή ενόχληση. Επιπρόσθετα, στην περιοχή διαβιούν σχεδόν όλο το χρόνο βαλτόπαπιες (*Aythya nyroca*) και αυτό το ιδιαίτερα απειλούμενο είδος πιθανώς να αρχίσει να αναπαράγεται στην περιοχή στο άμεσο μέλλον, αν περιοριστεί η ενόχληση στην παρόχθια ζώνη.

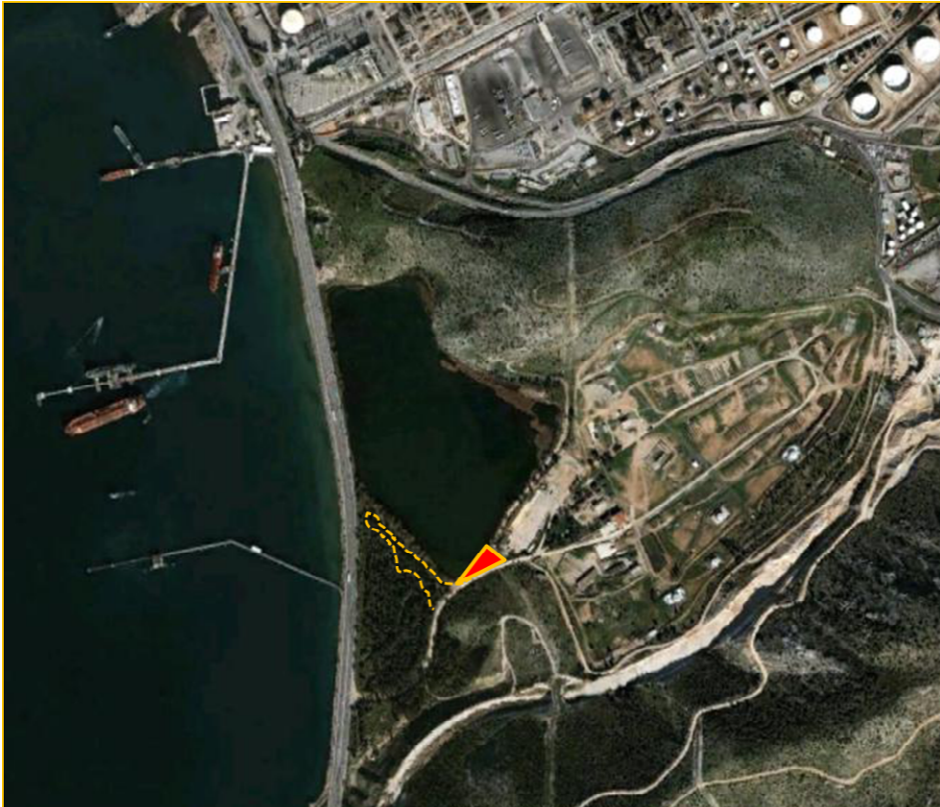
Μετά από τα ανωτέρω, η ανάπτυξη χώρου επίσκεψης των πολιτών πρέπει να εστιάζει σε ένα σημείο της όχθης της λίμνης όπου δεν θα υπάρχει σοβαρή όχληση στην ορνιθοπανίδα. Μετά από προσεκτική έρευνα του ζητήματος πιστεύουμε ότι ένα τέτοιο μέρος βρίσκεται στο ΝΑ τμήμα κοντά στο μικρό χώρο στάθμευσης πλησίον του σημείου της "Στρατιωτικής Μπάρας". Προφανώς επειδή η παρόχθια περιοχή είναι είδη χαρακτηρισμένη ως "περιορισμένης πρόσβασης" εξαιτίας του ευαίσθητου παρακείμενου στρατοπέδου δεν θα πρέπει να υπάρξει τακτική διέλευση πεζών βορείως και ανατολικά του σημείου αυτού.

#### Πρόταση για υπερυψωμένο παρατηρητήριο στο σημείο της «Στρατιωτικής Μπάρας».

Το καθεστώς της στρατιωτικής απαγόρευσης διέλευσης πεζών στην παρόχθια ζώνη έχει βοηθήσει πολύ μέχρι σήμερα, στην δημιουργία συνθηκών συγκέντρωσης μεγάλου αριθμών πουλιών. Με την

συνεργασία του Στρατού θα μπορούσε να δημιουργηθεί ένα μικρό, ελαφρώς υπερυψωμένο παρατηρητήριο δίπλα στη λίμνη, στο ΝΑ τμήμα της. Η κατασκευή αυτή μπορεί να τοποθετηθεί δίπλα ακριβώς στο υφιστάμενο χώρο στάθμευσης αυτοκινήτων. Η κατασκευή θα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη για να φιλοξενεί μια μικρή ομάδα μαθητών (25 άτομα) και η υπερύψωση από το έδαφος μπορεί να είναι 5 μέτρα. Κάτω από το δάπεδο της εξέδρας θα μπορούσε να υπάρχει ένας μικρός ανοιχτός χώρος πληροφόρησης. Αυτός ο χώρος θα μπορούσε να έχει αναρτημένες εκθεματικές επιφάνειες με πληροφορίες για την λίμνη. Το έργο αυτό θα πρόσδιδε αξία ως «περιβαλλοντική ερμηνεία» και θα βοηθούσε την περιβαλλοντική εκπαίδευση. Το έργο της «περιβαλλοντικής ερμηνείας» πρέπει να συνταχθεί με την συμβολή επιστημονικής ομάδας και να αφορά στην ιστορία και οικολογία της λίμνης με έμφαση σε αυτά που θα δουν οι επισκεπτόμενοι μαθητές και πολίτες (π.χ. ορνιθοπανίδα, κουνουπόψαρο, βλάστηση, ύδατα λίμνης κ.α.). Ένας περίπατος στην παρακείμενη φυτεία στην νότια όχθη της λίμνης επίσης θα μπορούσε να χαραχθεί και αν η πορεία του περιπάτου είναι σε απόσταση ασφαλείας από την όχθη της λίμνης, δεν θα υπάρξει ενόχληση των πουλιών (βλ. Εικόνα 139). Υπολογίζουμε ότι ο περίπατος αυτός θα καλύπτει μήκος περίπου 800 μέτρων. Με αυτόν τον τρόπο θα περιοριστεί η μετακίνηση των επισκεπτών προς τη μεριά του Στρατοπέδου, κάτι που θα ήταν αρνητικό για το περιβάλλον αλλά και για τις στρατιωτικές εγκαταστάσεις της περιοχής.

Το κόστος για τις ανωτέρω υποδομές (παρατηρητήριο, μονοπάτι και σήμανση) δεν αναμένεται να ξεπεράσει τις 30.000 ευρώ και εξαρτάται κυρίως από τις προδιαγραφές του παρατηρητηρίου (π.χ. αν προβλεφθεί χωρητικότητα μέχρι 10 ατόμων, το κόστος μπορεί να υποδιπλασιαστεί).



**Εικόνα 139.** Το κόκκινο τρίγωνο δείχνει το μοναδικό σημείο της όχθης της λίμνης όπου θα πρέπει να επιτραπεί η διέλευση πεζών για την παρατήρηση και πρόσβαση στην όχθη (σημείο "Στρατιωτικής Μπάρας"). Πέρα από το σημείο της "Στρατιωτικής Μπάρας" δεν θα πρέπει να περάσουν πεζοί υπό κανονικές συνθήκες λόγω της σοβαρής όχλησης που μπορούν να προκαλέσουν στην орνιθοπανίδα. Πιθανώς, μετά από μελέτη, θα μπορούσε να αναπτυχθεί ένας μικρός περίπατος μέσα στην φυτεία νότια της λίμνης (σημειώνεται με διακοπτόμενη γραμμή)

## 7.7. Αποκατάσταση της χημικής ποιότητας της λίμνης - φυτοαποκατάσταση

### 7.7.1. Εισαγωγή

Ιδιαίτερη ανάπτυξη εμφανίζουν τα τελευταία χρόνια οι τεχνολογίες που συνδέονται με την φυτοαποκατάσταση (phytoremediation - πράσινη αποκατάσταση ή βοτανοαποκατάσταση ή αγροαποκατάσταση ή φυτική αποκατάσταση), η μείωση δηλαδή της ανθρωπογενούς ρύπανσης και η μερική ή πλήρης αποκατάσταση ρυπασμένων εδαφών, ιζημάτων, υπόγειων και επιφανειακών υδάτων ή ακόμα και της ατμόσφαιρας με τη χρήση φυτών και των σχετιζόμενων με αυτούς μικροοργανισμούς και ένζυμα (Ξενίδης, 2009). Η τεχνολογία της φυτοαποκατάστασης εφαρμόζεται ακόμα στην

επεξεργασία υγρών αποβλήτων, αποστραγγίσεων ορυχείων, αστικών απορροών, κτηνοτροφικών αποβλήτων, σηπτικών δεξαμενών που έχουν αστοχήσει, αγροτικών απορροών ή διαφόρων βιομηχανικών αποβλήτων. Με τις μεθόδους αυτές είναι δυνατό να γίνει από κάποιο μέσο απομάκρυνση τόσο ανόργανων (ιόντα, βαρέα μέταλλα), όσο και οργανικών (υδρογονάνθρακες) ρύπων. Οι τεχνολογίες αυτές έχουν γίνει ιδιαίτερα δημοφιλείς τα τελευταία χρόνια λόγω της καινοτομίας τους, του περιβαλλοντικού τους χαρακτήρα, του μικρού κόστους εφαρμογής τους (έως και 80% μικρότερο κόστος συγκριτικά με τις παραδοσιακές μεθόδους), των μακροχρόνιων αποδόσεων τους και της ευρείας αποδοχής τους από το κοινό (Sonoki, 2007, Dordio & Carvalho, 2011).

Η φυτοαποκατάσταση στηρίζεται στην φυσική ικανότητα των φυτικών οργανισμών να απορροφούν ανόργανα και οργανικά συστατικά από το νερό και το έδαφος, να τα μεταβολίζουν, να τα συσσωρεύουν και να τα υποβαθμίζουν. Τα φυτά μέσω του ριζικού τους συστήματος απορροφούν τα απαραίτητα για την ανάπτυξή τους θρεπτικά συστατικά, τα πιο σημαντικά από τα οποία είναι N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cl, Zn, Mn, Cu, B και Mo. Ορισμένα είδη φυτών ωστόσο είναι δυνατό να απορροφηθούν και άλλα μη απαραίτητα για τη λειτουργία του οργανισμού συστατικά, όπως ορισμένοι ανόργανοι (Pb, Cd, As) ή οργανικοί ρύποι (Ξενίδης, 2009).

Οι μηχανισμοί της φυτοαποκατάστασης είναι ποικίλοι και κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τις διαδικασίες που επικρατούν (Dordio & Carvalho, 2011):

- Φυτοεξαγωγή - phytoextraction/phytoaccumulation: απομάκρυνση των ρύπων με την συσσώρευσή τους στον ιστό του φυτού. Οι βλαστοί και τα φύλλα του φυτού με τους συσσωρευμένους ρύπους απομακρύνονται από την περιοχή.
- Ριζοαποδόμηση - rhizodegradation: μετατροπή των οργανικών ρύπων στη ζώνη του ριζικού συστήματος μέσα από μικροβιακές ενζυματικές διαδικασίες. Οι μηχανισμοί αυτοί εξαρτώνται από το είδος των φυτών που αναπτύσσονται στην ρυπασμένη περιοχή και τα οποία ελέγχουν την ποσότητα, την ποικιλότητα και την δραστηριότητα των μικροβιακών πληθυσμών.
- Φυτοαποδόμηση - phytodegradation: αποδόμηση των οργανικών ρύπων στα διάφορα τμήματα του φυτού από μικροοργανισμούς και ένζυμα σε ουσίες μικρότερης τοξικότητας.
- Φυτοεξάτμιση - phytovolatilisation: εξάτμιση - εξαέρωση ή μεταφορά των πτητικών ρυπαντών από τα φύλλα των φυτών στον αέρα. Η ποσότητα των ρυπαντών που εξατμίζονται ή εξαερώνονται είναι ανάλογη με την ροή του νερού και συνήθως είναι μικρή.

- Φυτοσταθεροποίηση - phytostabilization: ακινητοποίηση των ρύπων στη ζώνη του ριζικού συστήματος.
- Ριζοδιήθηση - rhizofiltration: προσρόφηση των ρύπων στις ρίζες για συσσώρευση ή /και απομάκρυνση.

Βασική προϋπόθεση για την επιτυχή εφαρμογή προγράμματος φυτοαποκατάστασης είναι ο ρυπαντής να έχει μεγάλη βιοδιαθεσιμότητα (bioavailability). Με τον όρο αυτό εννοούμε τον βαθμό στον οποίο ένας ρύπος απορροφάται από τους ζωντανούς οργανισμούς, πρόκειται δηλαδή για την ποσότητα του χημικού ρύπου που βρίσκεται στο περιβάλλον (νερό, φερτές ύλες, τροφή, κ.λπ.) και που μπορεί να εισέλθει με ποικίλους τρόπους στο εσωτερικό ενός οργανισμού. Κάποιοι ρύποι εμφανίζουν μεγάλη βιοδιαθεσιμότητα λόγω της μεγάλης διαλυτότητάς τους στο νερό, ενώ όσοι είναι αδιάλυτοι ή υδροφοβικοί έχουν γενικά μικρή βιοδιαθεσιμότητα. Γενικά η βιοδιαθεσιμότητα ενός ρύπου εξαρτάται από τις φυσικοχημικές ιδιότητες του ρύπου και του περιβάλλοντος μέσου, καθώς και από το είδος του οργανισμού. Όσο πιο βιοδιαθέσιμος είναι ένας ρύπος, τόσο μεγαλύτερη είναι η βιοσυσσώρευσή του και τόσο πιο μεγάλη η τοξικότητά του (Βλαχογιάννη & Βαλαβανίδης, 2010).

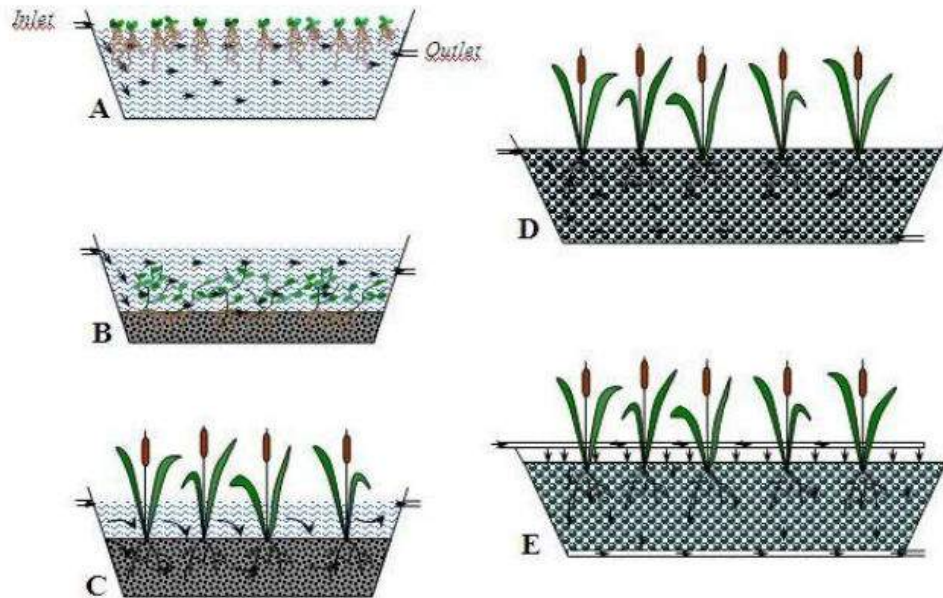
Στις διαδικασίες φυτοαποκατάστασης σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν ορισμένα είδη φυτών, οι υπερσυσσωρευτές (hyperaccumulators), οι οποίοι εμφανίζουν την ιδιότητα να απορροφούν και να αφομοιώνουν ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις μετάλλων (έως και 100 φορές περισσότερο σε σύγκριση με άλλα φυτά). Αντίστοιχα, τα αλόφυτα είναι φυτά ιδιαίτερα ανθεκτικά και ικανά να απορροφήσουν και να αφομοιώσουν μεγάλες συγκεντρώσεις αλάτων (κυρίως NaCl, αλλά επίσης και αλάτων του Ca και Mg) (Ξενίδης, 2009).

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι οι μέθοδοι της φυτοαποκατάστασης μπορούν να εφαρμοστούν σε περιπτώσεις μικρών σχετικά συγκεντρώσεων ρυπαντών, καθώς οι πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις δημιουργούν μη ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη των φυτών, ενώ ο ρυπαντής πρέπει να είναι σε μικρή σχετικά απόσταση από το ριζικό σύστημα των φυτών. Παράλληλα, είναι πολύ σημαντικό να γίνεται τακτική συγκομιδή των φυτών που χρησιμοποιούνται για φυτοεξαγωγή, καθώς υπάρχει κίνδυνος επανεισαγωγής των ρυπαντών στην τροφική αλυσίδα εάν καταναλωθούν από ζώα. Στην περίπτωση της φυτοεξάτμισης, είναι δυνατό να παρατηρηθεί αυξημένη αερομεταφερόμενη ρύπανση. Τέλος, η μέθοδος της φυτοαποκατάστασης είναι αρκετά πιο χρονοβόρα σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους (Dordio & Carvalho, 2011).

Τα συστήματα τεχνητών υγροτόπων εκμεταλλεύονται την τεχνολογία της φυτοαποκατάστασης και σχεδιάζονται και κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να εκμεταλλεύονται την φυσικές και μικροβιολογικές διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στα φυτά και το έδαφος των υγροτόπων, με στόχο την επεξεργασία λυμάτων. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν πολλές από τις διαδικασίες που πραγματοποιούνται στους φυσικούς υγροτόπους, αλλά αυτές πραγματοποιούνται σε ένα πιο ελεγχόμενο περιβάλλον, ενώ έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για την επεξεργασία διαφόρων ειδών αποβλήτων (αστικά, βιομηχανικά, αγροτικά ή αστικών απορροών) (Dordio & Carvalho, 2011).

Αναγνωρίζονται δύο είδη τεχνητών υγροτόπων: οι τεχνητοί υγρότοποι ελεύθερης επιφάνειας ή επιφανειακής ροής (free water surface wetland - FWS) και οι τεχνητοί υγρότοποι υποεπιφανειακής (ή υπόγειας) ροής (subsurface flow wetland- SFS, Βουδούρης, 2006, Εικόνα 140). Στην περίπτωση των τεχνητών υγροτόπων ελεύθερης επιφάνειας χρησιμοποιούνται συνήθως παράλληλες λεκάνες, τάφροι ή κανάλια με αδιαπέρατο πυθμένα, μικρού βάθους νερό (0,1 έως 0,6m) και πυκνής βλάστησης από φυτά που αναφύονται (Βουδούρης, 2006). Οι τεχνητοί υγρότοποι υποεπιφανειακής ροής αναπτύσσονται μέσα σε κανάλια ή τάφρους με σχετικά στεγανούς πυθμένες που περιέχουν άμμο ή άλλα γήινα μέσα υποστήριξης της αναπτυσσόμενης (επιφανειακά) φυτικής βλάστησης (Αγγελάκης & Tchobanoglous, 1995). Στην τεχνολογία των τεχνητών υγροτόπων είναι δυνατό να λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα περισσότεροι από έναν μηχανισμοί φυτοαποκατάστασης, με τον καθ' ένα να συνεισφέρει σε διαφορετικό βαθμό στην απορρύπανση (Dordio & Carvalho, 2011).

Στην διαδικασία της φυτοαποκατάστασης ενός φυσικού ή τεχνητού υγροτόπου ιδιαίτερα καθοριστικό ρόλο διαδραματίζουν τα μακρόφυτα. Σε αυτά αναγνωρίζουμε α) τα αναδυόμενα υδρόβια μακρόφυτα, β) τα μακρόφυτα με επιπλέοντα στο νερό φύλλα και γ) τα βυθισμένα υδρόβια μακρόφυτα. Στην στενή και ευρύτερη περιοχή της λίμνης Κουμουνδούρου εντοπίστηκαν είδη που ανήκουν στην πρώτη κατηγορία (*Phragmites australis* - νεροκάλαμο, *Juncus effusus* - βούρλο, *Arthrocnemum fruticosum* - αλόφυτο και *Limonium gmelinii*) και στην τρίτη κατηγορία (*Potamogeton pectinatus* και *Potamogeton filiformis* - τραχειόφυτα, *Chara hispida* - χαρόφυτο και *Ruppia cirrhosa* -αγγειόσπερμο).



**Εικόνα 140:** Διάφορα είδη τεχνητών υγροτόπων. Α: ελεύθερης επιφάνειας με ελεύθερα επιπλέοντα φυτά, Β: ελεύθερης επιφάνειας με υδρόβια φυτά, C: ελεύθερης επιφάνειας με αναδύομενα φυτά, D: οριζόντιας υποεπιφανειακής ροής, E: κάθετης υποεπιφανειακής ροής (Dordio et al., 2008).

### 7.7.2. Απομάκρυνση αζώτου

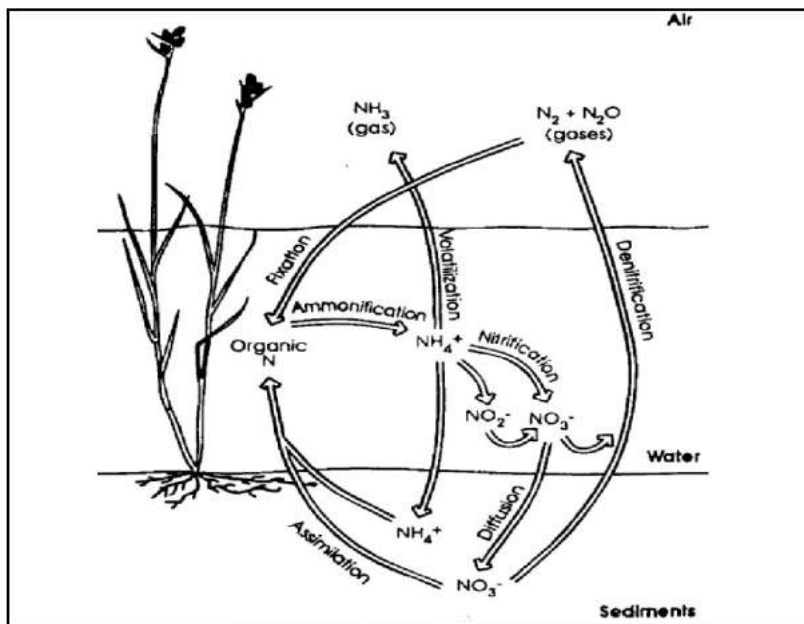
Η χρήση της τεχνολογίας της φυτοαποκατάστασης στην απομάκρυνση του αζώτου από το νερό και το ίζημα εκμεταλλεύεται τον πολύπλοκο βιοχημικό του κύκλο, ο οποίος περιλαμβάνει πολλαπλούς μετασχηματισμούς με σθένη από +5 έως -3 (Πίνακας 65, Εικόνα 141):

Από το σύνολο των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα σε έναν υγρότοπο, λίγες επιτυγχάνουν την ολική απομάκρυνση του αζώτου, ενώ οι περισσότερες απλά μετατρέπουν το άζωτο σε άλλες μορφές του. Έχει παρατηρηθεί ότι η απομάκρυνση του ολικού αζώτου σε τεχνητούς υγροτόπους κυμαίνεται από 40 έως 55%, με απομάκρυνση φορτίου που κυμαίνεται από 250 έως 630  $\text{g/m}^2/\text{yr}$ , ανάλογα με το είδος του υγροτόπου και την ποσότητα του εισερχόμενου ρύπου. Οι ποσότητες αυτές δεν θεωρούνται πολύ μεγάλες, ωστόσο μπορεί να είναι σημαντικές για συστήματα με μέτρια ρύπανση, ενώ σε περίπτωση των φυτών με επιπλέοντα φύλλα μπορεί να επιτευχθεί μεγαλύτερη απομάκρυνση του αζώτου με την περιοδική συγκομιδή τους (Vymazal, 2007).



**Πίνακας 65:** Μετασχηματισμοί αζώτου στους υγροτόπους (Vymazal, 2007)

Διαδικασία	Μετασχηματισμός
Εξαέρωση	αμμωνία-N (υγρό) → αμμωνία-N (αέριο)
Αμμωνιοποίηση	οργανικό-N → αμμωνία-N
Νιτροποίηση	αμμωνία -N → νιτρώδες-N → νιτρικό-N
Αμμωνιοποίηση	νιτρικό-N → αμμωνία-N
Απονιτροποίηση	νιτρικό-N → νιτρώδες-N → αέριο N <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O
Δέσμευση N <sub>2</sub>	αέριο N <sub>2</sub> → αμμωνία-N (οργανικό-N)
Πρόσληψη από το φυτά/μικρόβια	αμμωνία-, νιτρώδες-, νιτρικό-N → οργανικό-N
Προσρόφηση αμμωνίας	
Ταφή οργανικού αζώτου	
Αναερόβια οξείδωση της αμμωνίας	αμμωνία-N → αέριο N <sub>2</sub>



**Εικόνα 141:** Μηχανισμοί απομάκρυνσης αζώτου (EPA, 2002)

Κατά την πρόσληψη του αζώτου από τα φυτά πραγματοποιούνται μια σειρά από βιολογικές διεργασίες κατά τις οποίες το ανόργανο άζωτο μετατρέπεται σε οργανικό και χρησιμοποιείται στην δημιουργία κυττάρων και ιστών. Παράλληλα, το άζωτο μπορεί να δεσμευτεί από μικροοργανισμούς και άλγη με την μετατροπή της αμμωνίας σε αμινοξύ από αυτότροφα και ετερότροφα μικρόβια. Η βασική μορφή αζώτου που χρησιμοποιείται στις διαδικασίες αυτές είναι η αμμωνία (Vymazal, 2007).

Τα θρεπτικά απορροφούνται από τα ιζήματα από αναδυόμενα και επιπλέοντα ριζωμένα μακρόφυτα με πλωτά φύλλα και από το νερό από επιπλέοντα μακρόφυτα. Με βάση τα αποτελέσματα πειραμάτων, τα

θρεπτικά μπορούν να απορροφηθούν εκτός από το ριζικό σύστημα και κατευθείαν από τους βλαστούς των αναδυόμενων φυτών. Τα περισσότερα φυτά μπορούν να απορροφήσουν οποιαδήποτε μορφή του διαλυτού αζώτου. Στα εύκρατα κλίματα, η απορρόφηση του αζώτου από τα φυτά πραγματοποιείται κυρίως κατά την περίοδο άνοιξη - καλοκαίρι, καθώς τότε λαμβάνει κυρίως χώρα η ανάπτυξη του φυτού. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις απορροφούνται κατά την περίοδο ανάπτυξης του φυτού, ενώ η διαδικασία αυτή μειώνεται καθώς αυτό ωριμάζει. Καθώς μειώνεται η απορρόφηση των θρεπτικών, πραγματοποιείται μετακίνησή τους από το ριζικό σύστημα στα φύλλα. Κατά το τέλος του κύκλου ζωής του φυτού το μεγαλύτερο μέρος της βιομάζας και του συγκρατημένου αζώτου αποσυντίθεται και απελευθερώνεται άνθρακας και άζωτο, με συνέπεια κάποιο μέρος αυτού να επιστρέφει στο νερό του υδροτόπου, το ανώτερο μέρος του φυτού να υπόκειται σε οξειδωτικές διαδικασίες όπως η νιτροποίηση, ενώ το υπόλοιπο θρεπτικό φορτίο παραμένει στο ριζικό σύστημα (Vymazal, 2007).

Η δυνατότητα απορρόφησης θρεπτικών συστατικών από τα φυτά εξαρτάται από τον ρυθμό ανάπτυξης των φυτών και από την συγκέντρωσή τους στο ιστό του φυτού. Η δυνατότητα αποθήκευσης θρεπτικών στα φυτά εξαρτάται από τη μέγιστη συγκέντρωση των θρεπτικών στον ιστό του φυτού και την μέγιστη ικανότητα απορρόφησης βιομάζας (Reddy & DeBusk, 1987).

### **7.7.3. Απομάκρυνση βαρέων μετάλλων**

Από το σύνολο των βαρέων μετάλλων που υπάρχουν στη φύση, ορισμένα από αυτά είναι απαραίτητα σε μικρές συγκεντρώσεις για την ανάπτυξη της χλωρίδας και της πανίδας, ενώ σε μεγάλες συγκεντρώσεις γίνονται τοξικά για τους οργανισμούς. Αντίθετα, υπάρχουν βαρέα μέταλλα που δεν έχουν βιολογική χρησιμότητα και είναι τοξικά ακόμα και σε μικρές συγκεντρώσεις.

Η απομάκρυνση των βαρέων μετάλλων από το νερό μπορεί να γίνει μέσα από μία σειρά διαδικασιών που περιλαμβάνει διήθηση και καθίζηση των αιωρούμενων σωματιδίων, προσρόφηση, ανταλλαγή κατιόντων, πρόσληψη από τα φυτά και συμμετοχή στις βιοχημικές (μικροβιακές) διαδικασίες (Stottmeister κ.α., 2003).

Η ικανότητα απορρόφησης μετάλλων από τα υδρόβια μακρόφυτα μεταβάλλεται πολύ μεταξύ των διαφόρων ειδών. Η αναδυόμενη υδρόβια βλάστηση για παράδειγμα συνήθως απορροφά μικρότερες ποσότητες μετάλλων από ότι τα βυθισμένα υδρόβια φυτά, ενώ υπάρχουν είδη φυτών που αποτελούν οικοτύπους που μπορούν να επιβιώσουν με μεγαλύτερες συγκεντρώσεις μετάλλων απορροφημένους στους ιστούς τους ή έχουν αναπτύξει μηχανισμούς απομάκρυνσης των ιόντων μετάλλων από τους

ιστούς τους (Dunbabin & Bowmer, 1992). Τα διάφορα είδη μακρόφυτων διαφέρουν ως προς την ικανότητά τους να προσλαμβάνουν βαρέα μέταλλα στους ιστούς του ριζικού τους συστήματος και στην ποσότητα των μετάλλων που μεταφέρονται στο υπόλοιπο τμήμα του φυτού, ενώ μεγάλο ρόλο στις διαδικασίες αυτές διαδραματίζει και το είδος του μετάλλου.

#### 7.7.4. Απομάκρυνση υδρογονανθράκων

Η ρύπανση από οργανικούς ρύπους (POPs - persistent organic pollutants) αποτελεί ένα παγκόσμιο περιβαλλοντικό πρόβλημα που χρήζει ιδιαίτερης μεταχείρισης. Πρόκειται για χημικές ουσίες που παραμένουν για μεγάλα χρονικά διαστήματα στο περιβάλλον και βιοσυσσωρεύονται μέσα από την τροφική αλυσίδα, ενώ σε μεγάλες συγκεντρώσεις είναι τοξικές και μπορούν να προκαλέσουν δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον, καθώς συνδέονται με μεταλλάξεις ή καρκινογενέσεις (Jones & de Voogt, 1999). Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, στους ΡΟ ρύπους εντάσσονται και οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες.

Αναπτυγμένες τεχνολογίες για την απομάκρυνση των έμμονων οργανικών ρύπων και των πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων ειδικότερα από το έδαφος και τα επιφανειακά ή υπόγεια νερά περιλαμβάνουν προηγμένες οξειδωτικές διαδικασίες, προσρόφησης ενεργού άνθρακα, διήθηση με μεμβράνες, βιοαντιδραστήρες μεμβρανών ή θερμικής εκρόφησης. Άλλες τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί περιλαμβάνουν διαδικασίες απόπλυσης με ειδικά καθαριστικά, απομάκρυνση του επιφανειακού μολυσμένου εδάφους, απορρύπανση και επανατοποθέτησή του, άνοδο της στάθμης του υπόγειου νερού με πλημμύρα, κ.α. Ωστόσο, λόγω του ιδιαίτερα αυξημένου κόστους, οι μέθοδοι αυτοί δεν χρησιμοποιούνται ευρέως (Dordio & Carvalho, 2011).

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ιδιαίτερη ανάπτυξη στον τομέα της απορρύπανσης ρυπασμένων εδαφών, νερών ή αστικών λυμάτων από τους κυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες αποτελεί η φυτοαποκατάσταση. Λόγω των φυσικών ιδιοτήτων των πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (π.χ. διαλυτότητα στο νερό), οι ουσίες αυτές δύσκολα απορροφούνται από τα φυτά και συνεπώς οι μηχανισμοί φυτοαποκατάστασης που κυρίως χρησιμοποιούνται είναι της ριζοαποδόμησης και της ριζοδιήθησης και λιγότερο της φυτοαποδόμησης (Dordio & Carvalho, 2011). Σε αρκετές περιπτώσεις οι μηχανισμοί της φυτοαποκατάστασης έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για την απορρύπανση περιοχών από οργανικούς ρύπους. Στα πλαίσια των μεθοδολογιών αυτών λαμβάνουν χώρα διεργασίες αβιοτικές (φυσικές ή χημικές) και βιοτικές (διαδικασίες που πραγματοποιούνται από τους

μικροοργανισμούς και τα φυτά). Βασικές αβιοτικές διεργασίες είναι η ρόφηση, η οποία πραγματοποιείται στο ριζικό σύστημα των φυτών, η υδρόλυση, η φωτοδιάσπαση, οι αντιδράσεις οξειδοαναγωγής και η αεριοποίηση, οι οποίες όλες σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό συμβάλουν στην απομάκρυνση των ρυπαντών. Οι βιοτικές διεργασίες, οι οποίες σχετίζονται με τα φυτά που αναπτύσσονται στους υγροτόπους (υγροτοπικά φυτά ή μακρόφυτα), είναι η αερόβια ή αναερόβια βιοαποδόμηση (μεταβολική διεργασία των μικροοργανισμών).

Στην περίπτωση των υδρογονανθράκων, η βιοδιαθεσιμότητα συχνά ελέγχεται από τον συντελεστή  $\log K_{ow}$ , (συντελεστής κατανομής οκτανόλης / νερού). Οι ιδανικές τιμές  $K_{ow}$  για την αποτελεσματική εφαρμογή προγράμματος φυτοαποκατάστασης είναι 1,0 έως 3,0. Για τιμές  $K_{ow}$  μεγαλύτερες από 3,0 ο ρύπος είναι πολύ υδροφοβικός και θα δεσμευτεί από τη διπλοστοιβάδα λιπιδίων των κυτταρικών τοιχωμάτων, ενώ αν είναι μικρότερες από 1,0 ο ρύπος είναι πολύ υδρόφιλος και δεν θα μπορέσει να εισχωρήσει στην κυτταρική μεμβράνη των φυτών (Bromilow & Chamberlain, 1995).

#### 7.7.5. Παραδείγματα εφαρμογής

Παραδείγματα εφαρμογής της μεθόδου της φυτοαποκατάστασης στην απορρύπανση νερού αποτελεί η περίπτωση της λίμνης Averno στην Ιταλία. Πρόκειται για μία λίμνη με υφάλμυρο νερό που έχει σχηματιστεί στον κρατήρα ηφαιστείου. Στην περιοχή πραγματοποιήθηκαν σειρά αναλύσεων στα φύλλα και στις ρίζες σε νεροκάλαμα της περιοχής (*Phragmites australis*) καθώς και σε ιζήματα, προκειμένου να μελετηθεί ο βαθμός απορρόφησης τεσσάρων βασικών στοιχείων (K, Mg, N, S) και οκτώ ιχνοστοιχείων (Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V, Zn) από τα υδρόβια φυτά. Με βάση τα αποτελέσματα, τα νεροκάλαμα, επειδή χαρακτηρίζονται από μεγάλη παραγωγή βιομάζας, μπορούν να απομακρύνουν σημαντική ποσότητα νιτρικών και άλλων βασικών στοιχείων και να τα συσσωρεύουν στα φύλλα. Αντίθετα, τα ιχνοστοιχεία συσσωρεύονται στο ριζικό σύστημα και μόνο ένα μικρό μέρος τους μεταφέρεται και στα υπόλοιπα μέρη των φυτών. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση των ιχνοστοιχείων στις ρίζες παρατηρήθηκε κατά το τέλος της περιόδου ανάπτυξης των φυτών (κατά τον χειμώνα) και για τον λόγο αυτό, για την πιο αποτελεσματική φυτοαποκατάσταση της λίμνης προτείνεται η απομάκρυνσή τους την περίοδο αυτή (Baldantoni κ.α., 2009).

Παρόμοια αποτελέσματα προέκυψαν από την μελέτη της λίμνης Sultan Marsh στην Τουρκία, ένα πολύπλοκο οικοσύστημα υφάλμυρου - γλυκού νερού, που προσφέρει καταφύγιο σε 426 είδη πουλιών. Στα πλαίσια του προγράμματος πραγματοποιήθηκαν μεταξύ άλλων αναλύσεις βαρέων μετάλλων στο

νερό, στα ιζήματα και τα φυτά της λίμνης (μεταξύ των οποίων και στο τραχειόφυτο - *Potamogeton pectinatus*) και με βάση τα αποτελέσματα υπάρχει επιβάρυνση σε Pb, Cd και μερικώς σε Cu και Zn. Υψηλές συγκεντρώσεις των στοιχείων αυτών εντοπίστηκαν στις ρίζες των φυτών (Demirezen & Aksoy, 2004).

Στην περίπτωση της λίμνης Colgada στην Ισπανία, μετά από ένα πείραμα εργαστηρίου και σε συνδυασμό με δεδομένα πεδίου, προέκυψε ότι η απορρόφηση αζώτου του νερού και των ιζημάτων της λίμνης από τα χαρόφυτα *Chara hispida* ήταν μεγαλύτερη από την ποσότητα αζώτου που απελευθερώνεται κατά την αποσύνθεση των φυτών. Δεδομένου της μεγάλης ανάπτυξης των χαρόφυτων αυτών στην συγκεκριμένη λίμνη, της ικανότητάς τους να απορροφούν άζωτο, του μικρού ρυθμού αποσύνθεσης και του γεγονότος ότι διατηρούνται σε μεγάλους πληθυσμούς και κατά την διάρκεια του χειμώνα, εκτιμήθηκε ότι περίπου το 38% του αζώτου που απορροφάται από τα χαρόφυτα κατά την περίοδο ανάπτυξης δεσμεύεται από αυτά (Rodrigo κ.α., 2007).

Η απομάκρυνση πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (Π.Α.Υ.) από φυσικά συστήματα παρόμοια με της λίμνης Κουμουνδούρου δεν έχει μελετηθεί. Σε τεχνητούς ωστόσο υγροτόπους επεξεργασίας λυμάτων απορροής από αυτοκινητόδρομους που είχαν φυτευτεί με νεροκάλαμα (*Phragmites australis*) και καλάμια (*Arundo donax*) παρατηρήθηκε απομάκρυνση 49% του ολικού αζώτου, 58% N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 60% του ολικού φωσφόρου, 47% του Cu, 23% του Ni, 33% του Pb, 61% του Zn και 59% πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (Π.Α.Υ. - PAH, 16 ενώσεις, Terzakis κ.α., 2007).

#### 7.7.6. Προτεινόμενο πρόγραμμα φυτοαποκατάστασης

Μέσα στα πλαίσια απορρύπανσης της λίμνης Κουμουνδούρου προτείνεται η χρήση της τεχνολογίας της φυτοαποκατάστασης. Στόχος είναι η ορθολογική διαχείριση των υδρόβιων φυτών της περιοχής για την απομάκρυνση και σταδιακή μείωση των συγκεντρώσεων θρεπτικών αλάτων, βαρέων μετάλλων και υδρογονανθράκων που βρίσκονται σε αυξημένες τιμές στο νερό και το ίζημα της λίμνης.

Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις τόσο του ολικού αζώτου και της αμμωνίας, όσο και των βαρέων μετάλλων (Ni, Zn, Pb) και των υδρογονανθράκων (Π.Α.Υ.) στο νερό και στο ίζημα εντοπίζονται στο βορειοανατολικό τμήμα της λίμνης, στην περιοχή των πηγών, όπου θα έπρεπε να επικεντρωθεί το πρόγραμμα φυτοαποκατάστασης. Στην συγκεκριμένη περιοχή, όπως και στο μεγαλύτερο τμήμα της λίμνης περιμετρικά, συναντάται ιδιαίτερα πυκνή και εκτεταμένη ανάπτυξη από υδρόβια μακρόφυτα,

και κυρίως των καλαμιών (*Phragmites australis*, Εικόνα 142). Τα συγκεκριμένα φυτά με βάση τα βιβλιογραφικά δεδομένα έχουν χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για την απομάκρυνση τόσο του αζώτου, όσο και βαρέων μετάλλων και υδρογονανθράκων σε παράκτιους υγροτόπους όπως η λίμνη Κουμουνδούρου.



**Εικόνα 142:** Αυτοφυής βλάστηση από νεροκάλαμα (*Phragmites australis*) στο βορειοανατολικό τμήμα της λίμνης Κουμουνδούρου.

Στόχοι του διαχειριστικού προγράμματος των καλαμιώνων της λίμνης Κουμουνδούρου είναι (Κουσουρή κ.α. 1991):

- Εποχιακή απομάκρυνση των ξερών στελεχών του καλαμιώνα από την λίμνη μετά το τέλος της βλαστικής περιόδου, ώστε να αποφεύγεται η επαναφορά των συστατικών που έχουν απορροφηθεί από τα φύλλα (κυρίως των νιτρικών αλλά και άλλων βασικών αλάτων) στο σύστημα της λίμνης. Όταν τα φυτά αυτά νεκρώνονται και αποσυντίθενται, τα συστατικά αυτά απελευθερώνονται ξανά στο οικοσύστημα. Παράλληλα, μελέτες έχουν δείξει ότι μετά την απομάκρυνση των φύλλων, διπλασιάζεται σχεδόν η παραγωγή καινούριων βλασταριών κατά την περίοδο ανάπτυξης. Συνεπώς η απομάκρυνση των καλαμιών μετά την ολοκλήρωση του κύκλου ζωής τους και πριν την έναρξη της βλαστικής τους περιόδου (άνοιξη) θα αποτρέψει την εκ νέου επιβάρυνση της λίμνης και θα επιτρέψει την απομάκρυνση ακόμα περισσότερων ρυπαντών από τα καινούρια στελέχη. Γενικά έχει υπολογιστεί ότι τα νεκρά στελέχη των καλαμιών περιέχουν έως 5 gr αζώτου και 0,07 gr φωσφόρου ανά τετραγωνικό μέτρο έκτασης.

- Εποχιακή διαχείριση του καλαμιώνα (αραίωση του καλαμιώνα και εκλεκτική απομάκρυνση των φυτών από την λίμνη), ιδιαίτερα την περίοδο όπου αναμένονται οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων στα φυτά (τέλος της περιόδου ανάπτυξης των φυτών - χειμώνα), ώστε να εκμεταλλευόμαστε την ικανότητα απορρόφησης των συστατικών αυτών από τη χλωρίδα της περιοχής και να δημιουργείται χώρος για την δημιουργία καινούριων φυτών. Η αραίωση αυτή θα πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε να μην διαταραχθεί η πανίδα που φιλοξενείται στους καλαμιώνες της περιοχής (πουλιά, ψάρια) και παράλληλα να μην καταστραφεί η φυσική ζώνη προστασίας και "φιλτραρίσματος" που έχει δημιουργηθεί στην περιοχή. Η απομάκρυνση των καλαμιών πρέπει να γίνεται προσεκτικά ώστε να επιτυγχάνεται η εξαγωγή ολόκληρου του ριζικού συστήματος του φυτού, καθώς εκεί συσσωρεύονται κυρίως τα βαρέα μέταλλα (Baldantoni κ.α., 2009) και οι υδρογονάνθρακες (Ξενίδης, 2009).
- Προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση της ικανότητας αυτής των φυτών να απορροφούν συστατικά του περιβάλλοντος, η απομάκρυνση τόσο των ξερών στελεχών των καλαμιών, όσο και η αραίωση αυτών πρέπει να γίνεται την περίοδο που έχει επιτευχθεί η μεγαλύτερη συγκέντρωση αυτών, η οποία με βάση βιβλιογραφικές πηγές υπολογίζεται στο τέλος της περιόδου ανάπτυξης των φυτών (κατά τον χειμώνα). Το γεγονός αυτό θα πρέπει να επιβεβαιωθεί και πειραματικά, καθώς οι κλιματικές και λοιπές περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στην λίμνη Κουμουνδούρου μπορεί να διαφέρουν.

Στην απομάκρυνση των ρυπαντικών ουσιών από το νερό και το ίζημα της λίμνης Κουμουνδούρου θα μπορούσε ακόμα να συμβάλουν τα επιπλέοντα μακρόφυτα (*Chara hispida*, *Potamogeton pectinatus*) που αναπτύσσονται στην περιοχή. Μελέτες έχουν δείξει ότι τα συγκεκριμένα φυτά συνδέονται κυρίως με την απομάκρυνση βαρέων μετάλλων από το νερό και το ίζημα. Κρίνεται σημαντική συνεπώς η περιοδική αραίωση των φυτών αυτών στη λίμνη κα'τα την περίοδο της μέγιστης ανάπτυξής τους, ώστε να αποφεύγεται η επαναφορά των ρυπογόνων ουσιών που έχουν απορροφηθεί από τα φυτά στο οικοσύστημα με τη σήψη τους μετά την ολοκλήρωση του κύκλου ζωής τους.

Στα πλαίσια της ορθολογιστικής διαχείρισης του καλαμιώνα της λίμνης Κουμουνδούρου προτείνεται η αξιοποίηση του υλικού που θα απομακρύνεται προς την κατεύθυνση παραγωγής ουσιών λιπάνσεως για τις καλλιέργειες ή παρασκευής θερμαντικού υλικού, προσθετικών στις κτηνοτροφές, κ.α. Παράλληλα, τα ξερά στελέχη των καλαμιώνων θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμη ύλη, ως υλικό για ξυλοκατασκευές, κ.α. (Κουσουρή κ.α. 1991).

Πρέπει να τονιστεί, ότι η όποια διαχείριση των φυτών της λίμνης θα πρέπει να γίνει με ήπια μέσα (χειροκίνητη απομάκρυνση φυτών) και σε χρονική περίοδο τέτοια που να αποτρέψει την οποιαδήποτε όχληση στην πανίδα της λίμνης. Επίσης, η μέθοδος της φυτοαποκατάστασης προτείνεται να είναι ένα 2<sup>ης</sup> προτεραιότητας μέτρο και να χρησιμοποιηθεί εφόσον τα υπόλοιπα μέτρα 1<sup>ης</sup> προτεραιότητας κριθούν ως μη επαρκή. Τα αποτελέσματα της ανωτέρω προσέγγισης επίσης θα πρέπει να αξιολογούνται συνεχώς με την παρακολούθηση της χημικής ποιότητας της λίμνης ώστε να αναπροσαρμόζεται η μεθοδολογία εφαρμογής της φυτοαποκατάστασης εφόσον αυτό κριθεί απαραίτητο. Το κόστος εφαρμογής αυτού του μέτρου για την διαχείριση του καλαμιώνα δεν αναμένεται να είναι πολύ μεγάλο δεδομένου ότι θα διαρκέσει περίπου 1 μήνα για κάθε έτος και θα χρειαστεί την καθοδήγηση και εποπτεία ενός έμπειρου γεωπόνου / ειδικού στην διαχείριση της βλάστησης και 4 εργατών με ήπιο εξοπλισμό (κλαδευτήρια, τσάπες, κτλ). Ως εκ τούτου ένα ενδεικτικό κόστος για τα ανωτέρω μπορεί να φτάσει τα 10.000 ευρώ ανά έτος.



**7.8. Συνοπτικός πίνακας προτεινόμενων έργων διαχείρισης της λίμνης Κουμουνδούρου**

Όλες οι παραπάνω προτεινόμενες δράσεις συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα όπου εμφανίζονται συγκεντρωτικά η προτεραιότητα και το κόστος της κάθε δράσης.

<b>Προτεραιότητα</b>	<b>Περιγραφή μέτρου</b>	<b>Εκτιμώμενο Κόστος (ευρώ)</b>
Άμεση	Ανακατασκευή θυροφράγματος και ιχθυοδιαδρόμου	3.000
	Επιχειρησιακή παρακολούθηση οικολογικής ποιότητας νερού της λίμνης	10.000 / έτος
	Παρακολούθηση ποιότητας υπόγειου νερού στην υδρολογική λεκάνη της λίμνης Κουμουνδούρου	40.000 / έτος
Έμμεση	Έργα ανάδειξης και περιβαλλοντικής εκπαίδευσης	30.000
	Καθαρισμός μικρού έλους	4.000 ευρώ ανά τριετία
	Φυτοαποκατάσταση θρεπτικών και βαρέων μετάλλων μέσω διαχείρισης του καλαμιώνα	10.000 ευρώ / έτος

## 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### 8.1. Ελληνική έντυπη βιβλιογραφία

- Αγγελάκης Α.Ν., Tchobanoglous G., *Υγρά απόβλητα: Φυσικά συστήματα επεξεργασίας και ανάκτηση, επαναχρησιμοποίηση και διάθεση εκροών*, Ηράκλειο, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, 1995.
- ΑΦΟΙ ΜΕΣΟΧΩΡΙΤΗ ΑΤΕ, PETER GROSS GmbH, ΑΓΟΡΟΓΙΑΝΝΗΣ, *Τελική Αποκατάσταση Τελειωμένων Πρανών του Χώρου Διάθεσης Απορριμμάτων Άνω Λιοσίων*, Αθήνα, 1998.
- Βλαχογιάννη Θ. & Βαλαβανίδης Α., *Δοκιμασίες τοξικότητας και οικοτοξικότητας σε υδρόβιους οργανισμούς. Βασικές αρχές, πειραματική πορεία, επεξεργασία αποτελεσμάτων, πρότυπες πειραματικές μεθοδολογίες*, Τμήμα Χημείας Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εργαστήριο Χημείας Περιβάλλοντος, Αθήνα, 2010.
- Βουδούρης Κ., *Θέματα Υδρογεωλογίας Περιβάλλοντος*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη, 2006.
- Δήμος Ασπρόπυργου, *Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Ασπρόπυργου*, Α & Β Φάση, 2008.
- Δούνας, Α., Παναγιωτίδης, Γ., *Έκθεση υδρογεωλογικής αναγνώρισεως δια την ύδρευση του Δήμου Ασπρόπυργου Αττικής*, ΙΓΕΥ, Αθήνα, 1960.
- Δούνας, Α., *Επί της υδρογεωλογικής αναγνώρισεως εις περιοχής Ασπρόπυργου Αττικής*, Αθήνα, 1971
- Λεγάκις, Α., Μαραγκού, Π., *Το κόκκινο βιβλίο των απειλούμενων ζώων της Ελλάδας*, Ελληνική Ζωολογική Εταιρία, Αθήνα, 2009.
- Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού - Γ.Υ.Σ., *Τοπογραφικός χάρτης, φύλλα Αθήναι & Ελευσίς, κλίμακα 1:25.000*, 1994 & 1993.
- Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία/ ΕΛΚΕΘΕ. 2010. Λίμνη Κουμουνδούρου. Αδημοσίευτη έκθεση.
- Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία, 2009. Πρόγραμμα Παρακολούθησης Υγροτόπων Αττικής.
- Ε.Κ.Θ.Ε. - Εθνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών - Ινστιτούτο Εσωτερικών Υδάτων, Επιστημονικός Υπεύθυνος: Κουσουρής, Θ., *Περιβαλλοντική αναβάθμιση λίμνης Κουμουνδούρου*, Νομαρχία Δυτικής Αττικής, Αθήνα, 1994.
- Ε.Κ.Θ.Ε. - Εθνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών - Ινστιτούτο Εσωτερικών Υδάτων, Επιστημονικός Υπεύθυνος: Ζαχαρίας, Ι., Σαραντάκος, Κ., Δημητρίου, Η., Κουσουρής, Θ., *Υδρογεωλογική έκθεση για την επιλογή θέσεων δειγματοληψίας γεωτρήσεων εντός της υδρογεωλογικής λεκάνης της λίμνης Κουμουνδούρου, 1<sup>η</sup> Τεχνική Έκθεση*, Έργο: "Παρακολούθηση της ποιότητας των υπόγειων νερών, της λίμνης Κουμουνδούρου και του παρακείμενου θαλάσσιου χώρου σε σχέση με τον Χ.Υ.Τ.Α. Δυτικής Αττικής", 2003.
- Ε.Κ.Θ.Ε. - Εθνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών - Ινστιτούτο Εσωτερικών Υδάτων, Επιστημονικός Υπεύθυνος: Ζαχαρίας, Ι., *Έκθεση πεπραγμένων από τη διάνοιξη δειγματοληπτικών γεωτρήσεων και μορφοτεκτονική μελέτη της περιοχής, 2<sup>η</sup> Τεχνική Έκθεση*, Έργο: "Παρακολούθηση της ποιότητας των υπόγειων νερών, της λίμνης Κουμουνδούρου και του παρακείμενου θαλάσσιου χώρου σε σχέση με τον Χ.Υ.Τ.Α. Δυτικής Αττικής", 2003.
- ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. - Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών - Ινστιτούτο Εσωτερικών Υδάτων, *Μελέτη για την ποιότητα νερού και ιζήματος στην λίμνη Κουμουνδούρου*, Δήμος Ασπρόπυργος, Ανάβυσσος, 2006.
- ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. - Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών - Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας, *Παρακολούθηση της ποιότητας των υπόγειων νερών, της λίμνης Κουμουνδούρου και του παρακείμενου θαλάσσιου χώρου σε σχέση με τον Χ.Υ.Τ.Α Δυτικής Αττικής*, Ενιαίος Σύνδεσμος Δήμων και Κοινοτήτων Νομού Αττικής (Ε.Σ.Δ.Κ.Ν.Α.), 2004.
- Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών - Ι.Γ.Μ.Ε., *Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, φύλλο Αθήναι - Ελευσίς, κλίμακα 1:50.000*, 1986.
- Καλλέργης, Γ.Α., *Εφαρμοσμένη - Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία, Τόμος Β': Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία*, Έκδοση Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Δεύτερη Έκδοση, Αθήνα, 2000.
- Καραμπελα, Α., *Γεωμορφολογική και περιβαλλοντική μελέτη του Θριάσιου πεδίου*, Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Αθήνα, 1997.
- Κουμαντάκης, Ι., *Αναγκαία η εφαρμογή τεχνικού εμπλουτισμού για τη βελτίωση του καθεστώτος υπόγειας υδροφορίας Θριάσιου πεδίου*, Τραπέζι εργασίας: Η βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων του Θριάσιου Πεδίου, Δίκτυο Μεσόγειος SOS, 13 Μαΐου 2009.

- Κούνης, Γ., Σιέμος, Ν., *Έρευνα και μελέτη ρύπανσης υπεδάφους ΕΛΔΑ*, Ι.Γ.Μ.Ε., Δ/ση Υδρογεωλογίας Νότιας Ελλάδας, Αθήνα, 1992.
- Κούνης, Γ., Σιέμος, Ν., *Σημειακή Υδρογεωλογική Έρευνα των Υδροφορέων του Θριάσιου Πεδίου για την Υδροδότηση των ΕΛΔΑ*, Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα, 1990.
- Κουσουρής Θ., Φώτης Γ., Διαπούλης Α., Μπερταχάς Η., Νικολαΐδης Ν., Γκρίτζαλης Κ., *Η εξυγίανση της Λίμνης Καστοριάς - Θεωρητική εκτίμηση και πρακτική εφαρμογή*, Γεωτεχνικά επιστημονικά θέματα, Τεύχος 2, σελ. 49-67, 1991.
- Κουτσογιάννης, Δ., Ξανθόπουλος, Θ., *Τεχνική Υδρολογία*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο - Τομέας Υδατικών Πόρων, Αθήνα, 1999.
- Λυμπεροπούλου, Χ., *Η συμβολή των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών του υδρογραφικού δικτύου του Σαρανταπόταμου και οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στην εκδήλωση πλημμυρών*, Πτυχιακή εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο - Τμήμα Γεωγραφίας, 2010.
- Μαριολάκος, Η., Θεοχάρης, Δ., *Μετατοπίσεις των ακτογραμμών στο Σαρωνικό κατά τα τελευταία 18.000 χρόνια και η Κυχρεία παλαιολίμνη*, Δελτίον της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, Τόμ. XXXIV/1, Πρακτικά 9ου Διεθνούς Συνεδρίου της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, 2001.
- Μαυράκης Α., Θεοχαράτος Γ., Πιτσιτάκης Ν., Χρηστίδης Α., Μακρυγιάννης Γ., *Μετεωρολογικές Συνθήκες κατά την Εμφάνιση Ισχυρών Επεισοδίων Ρύπανσης στο Θριάσιο Πεδίο*, Πρακτικά 7<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωγραφίας, Τόμος Ι, pp 423-429, Μυτιλήνη, 14-17 Οκτωβρίου 2004.
- Μιμίδης, Θ., Καρακατσούλης, Π., Αγγελίδης, Σ., Ρίζος, Σ., Σγουμποπούλου, Α., *Υδρογεωλογία Λίμνης Κουμουνδούρου. Πηγές Ρύπανσής της και Προστασία της*, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, 1998.
- Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας, *Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2000*, Εκτυπωτική Αττικής Α.Ε., Αθήνα, 2001, αναθεώρηση 2004.
- Παρασχούδης, Β. - Γραφείο Γεωλογικών - Υδρογεωλογικών - Γεωτεχνικών Ερευνών - Μελετών, *Υδρογεωλογική μελέτη Δυτ. Αττικής (Πεδιάδας Μεγάρων - Θριάσιου Πεδίου)*, Τεύχος Ι': Υδρογεωλογική Έκθεση, Υπουργείο Γεωργίας, Γεν. Δ/ση Ε.Β και Γ.Δ, Δ/ση: Γεωλογίας - Υδρολογίας, Τμήμα: Υδρογεωλογίας- Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων, Αθήνα, 2002.
- Παυλίδου, Α., *Μελέτη μορφών μετάλλων σε μικροπεριβάλλοντα του κόλπου της Ελευσίνας με χρήση ανοδικής αναδιαλυτικής βολτομετρίας*, Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Χημείας, 1998
- Ραγομανίκης, Σ., *Ατμοσφαιρική ρύπανση*, Εργαστήριο Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και αντιρρυπαντικής τεχνολογίας, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, 2009.
- Σίδερης Θεοχαρόπουλος, Π., *Η επίδραση της γεωργίας στους υδατικούς πόρους του Θριάσιου πεδίου*, Τραπέζι εργασίας: Η βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων του Θριάσιου Πεδίου, Δίκτυο Μεσόγειος SOS, 13 Μαΐου 2009.
- Σταύρακας, Λ, *Λίμνη Κουμουνδούρου*, Οiwόνος, 39:34, 2009.
- Τζάλη, Μ., Fric J., Προμπονάς, Ν., *Τα πουλιά των υγροτόπων της Αττικής. Πρόγραμμα παρακολούθησης ορνιθοπανίδας στους υγροτόπους της Αττικής*, Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία, 2009.
- Τραυλός, Ι., *Ανασκαφαί Ιεράς Οδού*, Πρακτικά της εν Αθήναις Αρχαιολογικής Εταιρείας του έτους 1937, Αθήναι, 1938.
- ΥΛΗ - Διαχείριση και προστασία περιβάλλοντος Η. Αποστολίδης - Ν. Πάγκας & Σια Ε.Ε., Μακροδημήτρης Αγησίλαος, Λάσκαρης Νικόλαος, *Αρχαιολογικοί χώροι και μνημεία Ποικίλου όρους*, Αναπτυξιακός Σύνδεσμος Δυτικής Αθήνας, 2003.
- Υπουργείο Γεωργίας - Δασική Υπηρεσία, *Εδαφολογικός χάρτης Γαιών, φύλλο Αθήνα - Ελευσίνα, κλίμακα 1:50.000*, 1985.
- Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων - Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. - Π.Ε.Ρ.Π.Α., *Η ατμοσφαιρική ρύπανση στην περιοχή της Αθήνας*, Τεχνική Έκθεση, Τόμος 2: Πηγές Ρύπανσης, 1989.
- Χρηστίδης, Α., *Αναπτυξιακός Σύνδεσμος Θριάσιου πεδίου*, Ετήσια Δελτία Ατμοσφαιρικών ρύπων στο Θριάσιο πεδίο (1986-2009).
- Χρηστίδης, Α., *Μελέτη κατανομής αερομεταφερόμενων ρύπων στο Θριάσιο Πεδίο, περιοχή Ελευσίνας*, Διδακτορική διατριβή ΕΜΠ, Αθήνα 1995.

- Χρυσικού, Ε., *Τεχνητός εμπλουτισμός υπόγειων υδροφόρων με επεξεργασμένα λύματα. Περίπτωση εφαρμογής στο Θριάσιο Πεδίο*, Μεταπτυχιακή Εργασία, Επιβλέπων Ι. Κουμαντάκης, ΕΜΠ - Επιστήμη και τεχνολογία υδατικών πόρων, Αθήνα, 2008.

## 8.2. Διεθνής έντυπη βιβλιογραφία

- Adriano, D.C., *Trace elements in terrestrial environments: Biogeochemistry, bioavailability, and risks of metals*, Second ed., Springer-Verlag, Inc., New York (2001) p. 866, 2001
- Armitage, P., P. S. Cranston & L.C.V. Pinder (eds.), *The Chironomidae: Biology and Ecology of Non-biting Midges*, Chapman and Hall, London, 572 pp, 1994.
- Baldantoni D., Ligrone R., Alfani A., *Macro- and trace-element concentrations in leaves and roots of Phragmites australis in a volcanic lake in Southern Italy*, J. Geochem. Explor. 101, 166-174, 2009.
- Bartsch A.F., *Accelerated eutrophication of lakes in the United States: Ecological response to human activities*, Environmental Pollution (1970), Volume 1, Issue 2, October 1970, Pages 133-140, ISSN 0013-9327, 10.1016/0013-9327(70)90013-3.
- Beach M.H., *Fish pass design - criteria for the design and approval of fish passes and other structures to facilitate the passage of migratory fish in rivers*, MAFF Fisheries Research Technical Report No.78; 46pp., 1984.
- Bos, G., *Discharge measurement structures*, International Institute for Land Reclamation and improvement, Wageningen, The Netherlands, 1976.
- Bouloubassi, I., Fillaux, J., Saliot, A., *Hydrocarbons in Surface Sediments from the Changjiang (Yangtze River) Estuary, East China Sea*, Mar. Pollut. Bull., 42: 1335-1346, 2001.
- Brivio P. A., Giardino C., Zilioli E., *Determination of chlorophyll concentration changes in Lake Garda using an image-based radiative transfer code for Landsat TM images*, International Journal of Remote Sensing, 22, no. 2 & 3: 487-502, 2001.
- Bromilow R.H. & Chamberlain K., *Principles governing uptake and transport of chemicals*, In: Trapp S, McFarlane JC (eds) Plant contaminations, modeling and simulation of organic chemical processes. CRC, Boca Raton, FL, USA, pp 37-68, 1995.
- Carlson, R.E., Simpson, J., *A Coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods*, North American Lake Management Society. 96 pp., 1996.
- Chang K.W., Shen, Y. and Chen, P.C., *Predicting algal bloom in the Techi reservoir using Landsat TM data*, International Journal of Remote Sensing, 25:3411-3422, 2004.
- Chate, DM, Pranesha, TS, *Field studies of scavenging of aerosols by rain events*, Aerosol Science 35:695-706, 2004
- Chow, V.T., *Open-channel hydraulics*, New York, McGraw- Hill Book Co., 680 p, 1959
- Christides, A., Mavrikis, A., Sigalos, G., Loukaidi, V., Dasaklis, S., Mitilineou, A., Mourikis, D., Makrygiannis, G., *Assessing saltwater front parameters of the aquifer of the Thriassion plain, Greece*, Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference on Environmental Science and Technology, Chania, Crete, Greece, 3-5 September 2009.
- Christoforidis, A. and N. Stamatis, *Heavy metal contamination in street dust and roadside soil along the major national road in Kavala's region, Greece*, Geoderma, 151: 257-263, 2009.
- Coffman, W. P. and L. C. Ferrington, Jr., Chironomidae. pp. 635-754. In: R.W. Merritt and K.W. Cummins, eds. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Kendall/Hunt Publishing Company, 1996.
- Conides, A., Parpoura, A., *A study of oil pollution effects on the ecology of a coastal lake ecosystem*, The Environmentalist 17, 297-306, 1997.
- Connell, D.W., G.J. Miller., *Chemistry and Ecotoxicology of Pollution*. John Wiley & Sons, NY, 1984.
- Davies L.C., Carias C.C., Novais J.M., Martins-Dias S., *Phytoremediation of textile effluents containing azo dye by using Phragmites australis in a vertical flow intermittent feeding constructed wetland*, Ecological Engineering 25, 594-605, 2005.
- Dekker A. G., Malthus T. J., Wijnen M. M. and Seyhan E., *Remote sensing as a tool for assessing water quality in Loosdrecht lakes*, Hydrobiologia, 233:137-159, 1992.
- Demek, J., *Manual of detailed geomorphological mapping*, Academia, Prague, 334 p., 1972.

- Demirezen D. & Aksoy A., *Accumulation of heavy metals in Typha angustifolia (L.) and Potamogeton pectinatus (L.) living in Sultan Marsh (Kayseri, Turkey)*, Chemosphere 56: 685-696, 2004.
- Dikau, R., *The application of digital relief model to landform analysis*, Taylor and Francis, London: pp. 51 – 77., 1989.
- Dordio A. & Carvalho A.J.P., *Phytoremediation: An Option for Removal of Organic Xenobiotics from Water*, In: Ivan A. Goluben Ed., *Handbook of Phytoremediation (Environmental Science, Engineering and Technology)*, Nova Science Publishers, Inc., New York, USA, pp. 51-92, 2011.
- Dordio A., Carvalho A.J.P., Pinto A.P., Costa C.T., *Decontamination of Pesticide-polluted Water by Constructed Wetlands*, In: *Pesticide Research Trends*, Tennefy, A.B. Ed., Nova Science Publishers, Inc., New York, USA, pp. 101-137, 2008.
- Driscoll, C.T., Lawrence, G.B., Bulger, A.J., Butler, T.J., Cronan, C.S., Eagar, C., Lambert, K.F., Likens, G.E., Stoddard, J.L., Weathers, K.C., *Acidic deposition in the Northeastern United States: sources and inputs, ecosystem effects, and management strategies*, BioScience 51(3): 180-198., 2001.
- Dunbabin J.S & Bowmer K.H., *Potential use of constructed wetlands for treatment of industrial wastewaters containing metals*, The Science of the Total Environment, 111: 151-168, 1992.
- EPA - US Environmental Protection Agency, *Nutrient Criteria, Technical Guidance Manual, Lakes and Reservoirs*, First Edition, EPA-822-B00-001, 2000.
- EPA - US Environmental Protection Agency, *Ecotox Thresholds*, Intermittent Bulletin, vol. 3, no. 2, 1996.
- Eppley R.W. & Weiler C.S, *The dominance of nanoplankton as an indicator of marine pollution: a critique*, Oceanol. Acta. 2: 241 - 245, 1979.
- FAO-DVWK, *Fish Passes - Design, Dimensions and Monitoring*, FAO, Rome, 2002.
- Georgiadis, Th., Rossi, F., *Dry deposition of pollutants and effects on vegetation*, Aerobiologia (1989) 5: 111-121, December 01, 1989.
- Gitelson A. A., Nikanorov A. M., Sabo G. and Szilagyi F., *Etude de la qualite des esex de surface par teledetection*, IAHS Publications, 157: 111-121, 1986.
- Gitelson A., Garbuzov G., Szilagyi F., Mittenzwey K.H., Karnieli A. and Kaiser A., *Quantitative remote sensing methods for real-time monitoring of inland water quality*, International Journal of Remote Sensing, 14: 1269-1295, 1993.
- Gitelson A., Mayo M., Yacobi Y. Z., Parparov A. and Berman, T., *The use of high-spectral-resolution radiometer data for detection of low chlorophyll concentrations in Lake Kinneret*, Journal of Plankton Research, 16: 993- 1002, 1994.
- Gritzalis, K. C., I. T. Bertahas, T. S. Koussouris & A. C. Diapoulis. *Distribution of invertebrate fauna in the estuarine systems of the artificial Lake of Mornos (Hellas)*, 18<sup>th</sup> Panhellenic Conference of Hellenic Society of Biological Science, Kalamata, Greece, Proceedings, p. 269-271, April, 17th-19th, 1996.
- Han L. and Jordan J. K., *Estimating and mapping chlorophyll-a concentration in Pensacola Bay, Florida using Landsat ETM+ data*. International Journal of Remote Sensing, 23: 5245-5254, 2005.
- Haygarth, P.M. & Jones, K.C., *Atmospheric deposition of metals to agricultural surfaces: an emphasis on principles and processes with case studies from the UK*, Biogeochemistry of Trace Metals, D.C. Adriano (Ed.). Lewis Pub. Co., Chelsea, MI, USA, pp. 249-276, 1992
- Henderson F.M., *Open Channel Flow*, MacMillan Co., New York, N.Y., 1966.
- Holm-Hansen, O., Lorenzen C.J., Hormes, R.N., & J.D.H. Strickland, *Fluorometric determination of chlorophyll*, J. Cons.perm. Int. Explor. Mer, 30: 3-15, 1965.
- Interstate Technology & Regulatory Council, Wetlands Team - ITRC, *Technical and Regulatory Guidance Document for Constructed Treatment Wetlands*, WTLND-1 Washington, DC, 2003.
- Jacquet J.M. and Zang B., *Colour analysis of inland waters using Landsat TM data, European coordinated effort for monitoring the Earth's environment*, ESA SP-II 02, (Noordwijk, The Netherlands: ESTEC), pp. 57-70, 1989.
- Jones K.C. & de Voogt P., *Persistent organic pollutants (pops): state of the science*, Environmental Pollution 100, 209-221, 1999.
- Kairesalo, T., Kornijów, R., Krause, T., Künnap, H., Laas, A., Lill, E., Lorens, B., Luup, H., Miracle, M.R., Nöges, P., Nöges, T., Nykänen, M., Ott, I., Peczula, W., Peeters, E.T.H.M., Phillips, G., Romo, S., Russell, V., Salujõe, J., Scheffer, M., Siewertsen, K., Smal, H., Tesch, C., Timm, H., Tuvikene, L., Tonno, I., Virro, T., Vicente, E. & Wilson,

- D., *The determination of ecological status in shallow lakes: a tested system (ECOFAME) of the European Water Framework Directive*, Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 13, 507–549, 2003
- Kapitzke I.R., *Culvert Fishway Planning and Design Guidelines*, James Cook University, Townsville, Australia, 2010.
  - Karageorgis AP, Katsanevakis S, Kaberi H, *Use of enrichment factors for the assessment of heavy metal contamination in the sediments of Koumoundourou Lake, Greece*, Water, Air and Soil Pollution 204: 243–258, 2009.
  - Katopodis C., *Introduction to fishway design*, Working Document, Freshwater Institute, Fisheries and Oceans Canada, Winnipeg, Man. 67 p., 1992.
  - Kindsvater, C.E., Carter, R.W.C., *Discharge characteristics of rectangular thin-plate weirs*, J. Hyd. Div. ASCE, HY 6, 83, 1957.
  - Koumantakis, I., Chrysikou, E., Lemonis, M., *Artificial recharge in a deteriorated coastal aquifer: case study of Thriasio filed, Athens, Greece*, International Conference on Land and Water Degradation. Processes and Management, 7th - 9th September 2009, Magdeburg, Germany.
  - Koutsomitros, S., Mimides, T., Sgoumopoulou A., Rizos, S., *Investigation of the self-cleaning ability of Lake Koumoundourou near Athens from oil pollution*, Environmental Engineering and Policy, Vol. 2, No. 3. (16 February 2001), pp. 155-159. doi:10.1007/s100220000029
  - Larinier M., *Passes à bassins successifs, prébarrages et rivières artificielles*, Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 326/327, 45-72, 1992.
  - Lathrop R.G. and Lillesand T.M., *Use of thematic mapper data to assess water quality in Green Bay and central Lake Michigan*, Photo Eng Remote Sensing, 52: 671-680, 1986.
  - Lawson, D. R.: The weekend ozone effect – the weekly ambient emissions control experiment, EM Air and Waste Mgt Assoc. July 2003. NICH report number NREL/JA-540-34028.
  - Lekkas, E., *The Athens earthquake (7 September 1999): intensity distribution and controlling factors*, Engineering Geology, Publ. Elsevier Science Ltd., Vol. 59, 297-311, 2001.
  - MacDonald, D.D., Ingersoll, C.G., Berger, T.A., *Development and Evaluation of Consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems*, Arch. Environ. Contam. Toxicol. 39:20-31 2000.
  - Mariolakos, I., Fountoulis, I., *The Athens earthquake September 7, 1999: The Neotectonic regime of the affected area*, Ann. Geol. Pays Hellen., 38, fasc. B, pp.165-174, 2000.
  - Mavrakis, A., Dasaklis, S., Christides, A., *Study of the characteristics of the Thriassion plain streams and their contribution to the degradation of the marine environment of the Elefsis Gulf*, 10<sup>th</sup> International Conference on Environmental Science and Technology, Kos Island, Greece, 5-7 September 2007.
  - Mayo M, Gitelson A, Yacobi Y. Z., Ben-Avraham Z., *Chlorophyll distribution in lake Kinneret determined from Landsat thematic mapper data*, International Journal of Remote Sensing, 16: 175-182, 1995.
  - Mejstrik V. & Lepsova A., *Applicability of fungi to the monitoring of Environmental Pollution by heavy metals*. In: Plants as Biomonitors. Market B. (Ed.) VCH Weinheim-New York-Basel-Cambridge. pp. 365 - 376, 1993.
  - Mimides, T., Pylarinou, A., *The Water Budget and the underground oil plumes of lake Koumoundourou, Attica Greece*, BALWOIS 2008 - Ohrid, Republic of Macedonia – 27, 31 May 2008.
  - Mimides, Th., Rizos S., *Hydrogeology of the Koumoundourou Lake of Aspropirgos Attiki*, 8th National Geographic Congress, Athens, 4-7 October 2007.
  - Moropoulou A., Bisbikou K., Torfs K. & Van Grieken R., *Atmospheric Deposition as Decay Factor for the Demeter Sanctuary Ruins in the Industrial Atmosphere of Eleusis, Greece*, Environmental Technology, 19:10, 1039-1047, 1998.
  - Moss, B., Stephen, D., Alvarez, C., Becares, E., Van de Bund, W., Collings, S.E., Van Donk, E., De Eyto, E., Feldmann, T., Fernández-Alález, C., Fernández-Alález, M., Franken, R.J.M., Garcia-Criado, F., Gross, E.M., Gyllström, M., Hansson, L.-A., Irvine, K., Järvalt, A., Jensen, J.P., Jeppesen, E.,
  - OECD, Vollenweider, R.A., Kerekes, J.J., *Eutrophication of waters. Monitoring, assessment, and control*, OECD, Paris. 192 p., 1982.
  - Passarella, G. & Caputo, M.C., *A Methodology for Space-Time Classification of Groundwater Quality*, Environmental Monitoring And Assessment, DOI:10.1007/s10661-006-6547-3, 115, 97-117, 2006.
  - Peng K., Chunling Luo, Laiqing Lou, Xiangdong Li, Zhenguo Shen, *Bioaccumulation of heavy metals by the aquatic plants Potamogeton pectinatus L. and Potamogeton malaianus Miq. and their potential use for contamination indicators*

- and in wastewater treatment, *Science of The Total Environment*, Volume 392, Issue 1, 15 March 2008, Pages 22-29, ISSN 0048-9697, 10.1016/j.scitotenv.2007.11.032.
- Pertsemli, E. & Voutsas, D., *Distribution of heavy metals in Lakes Doirani and Kerkini, Northern Greece*, *Journal of Hazardous Materials* 148: 529-537, 2007.
  - Rashed, M.N., *Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser lake*, *Environ. Int.*, 27: 27-33, 2001.
  - Reardon B. C. and McGarrigle M. L., *Utility of Thematic Mapper data for national survey of fresh lakes*, *European Coordinated Effort for Monitoring the Earth's Environment*, ESA SP-II02, (Noordwijk, The Netherlands: ESTEC), pp. 25-31, 1989.
  - Reddy K.R. & D'Angelo E.M., *Biogeochemical indicators to evaluate pollution removal efficiency in constructed wetlands*, *Water Science and Technology*, 35(5):1-10, 1997.
  - Revelle, R., *Criteria for recognition of seawater in groundwaters*, *Trans Amer. Geophysical Union* 22: 593-597, 1941
  - Ritchie J. c., Cooper C. M. and Schieoe F. R., *The relationship of MSS and TM digital data with suspended sediments, chlorophyll, and temperature in Moon Lake, Mississippi*, *Remote Sensing of Environment*, 33: 137-148, 1990.
  - Rodrigo M.A., Rojo C., Alvarez M., Cirujano S., *Chara hispida beds as a sink of nitrogen: Evidence from growth, nitrogen uptake and decomposition*, *Aquatic Botany* 87: 7-14, 2007.
  - Rossini P., Matteucci G., Raccanelli S., Favotto M., Guerzoni S. & Gattolin M., *Polycyclic aromatic Hydrocarbons in atmospheric deposition around the Venice lagoon*, *Polycyclic Aromatic Compounds*, 27:3, 197-210, 2007.
  - Sawidis, T., Chettri, M.K., Zachariadis, G.A., Siratis, J.A., *Heavy metals in aquatic plants and sediments from water systems in Macedonia, Greece*, *Ecotoxicology & Environmental Safety*, 32:73-80, 1995.
  - Schindler, D.W., Hesslein, R.H., Wageman, R., Broecker, W.S., *Effects of acidification on mobilization of heavy metals and radionuclides from sediments of a freshwater lake*, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 31, 313-311, 1980.
  - Seinfeld H.J., Pandis N.S., (1998) *Atmospheric chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Changes*, John Wiley & Sons, inc, New York
  - Søndergaard M., Jeppesen, E., Jensen, J.P., Amsinck, *Water Framework Directive: ecological classification of Danish lakes*, *J. Appl. Ecol.* 42 (2005), pp. 616-629, 2005
  - Sonoki S., Fujihiro S., Hisamatsu S., *Genetic engineering of plants for phytoremediation of polychlorinated biphenyls*, In: Willey Neil edition, *Phytoremediation: Methods and Reviews*, Humana Press, New Jersey, USA, pp. 3-13, 2007.
  - Schröder P., Daubner D., Maier H., Neustifter J., Debus R., *Phytoremediation of organic xenobiotics - Glutathione dependent detoxification in Phragmites plants from European treatment sites*, *Bioresource Technology* 99, 15, 7183-7191 2008.
  - Stoddard, J. L., *Long-term changes in watershed retention of nitrogen: its causes and aquatic consequences*, *Environmental Chemistry of Lakes and Reservoirs. Advances in Chemistry Series, No. 237*, L.A. Baker (ed). Washington, D.C.: American Chemical Society, 1994.
  - Stottmeister, U., Wießner, A., Kuschk, P., Kappelmeyer, U., Kästner, M., Bederski, O., Müller, R.A. & Moormann, H., *Effects of plants and microorganisms in constructed wetlands for wastewater treatment*, *Biotechnology Advances*, 22: 93-117, 2003.
  - Terzakis S., Fountoulakis M., Georgaki I., Albantakis D., Sabathianakis I., Karathanasis D., Kalogerakis N., Manios T., *Constructed wetlands for highway runoff treatment in the central Mediterranean region*, *Chemosphere* 72:141-149, 2007.
  - Trebs I., L. L. Lara, L. M. M. Zeri, L. V. Gatti, P. Artaxo, R. Dlugi, J. Slanina, M. O. Andreae, and F. X. Meixner, 2006, 'Dry and wet deposition of inorganic nitrogen compounds to a tropical pasture site (Rondonia, Brazil)', *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 447-469, 2006
  - Vinodhini R. & Narayanan M., *Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish Cyprinus carpio (Common carp)*, *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 5 (2), 179-182, 2008
  - Vymazal J., *Removal of nutrients in various types of constructed wetlands*, *Science of the Total Environment*, 380: 48-65, 2007.
  - Walker, I. R., *Midges: Chironomidae and related Diptera*. pp. 43-66, In: J. P. Smol, H. J. B., 2001.
  - Zalidis, G., Mantzavelas A., *Inventory of Greek Wetlands as Natural Resources*, Goulandrís Natural History Museum and Greek Biotope / Wetland Centre (EKBY), Thessaloniki, Greece. 448 pp, 1995.

### 8.3. Πηγές στο διαδίκτυο

#### Ελληνικές ιστοσελίδες

- Δελήμπασης, Κ., Κόκκαλης, Θ., Αέρια ρύπανση: θεσμικό πλαίσιο, πηγές & υφιστάμενη κατάσταση στην ευρύτερη περιοχή της Λάρισας, ΜΕ Περιβάλλοντος ΤΕΕ-Τμήμα Κεντρ. Δυτ. Θεσσαλίας
- Δελήμπασης, Κ., Κόκκαλης, Θ., *Αέρια ρύπανση: θεσμικό πλαίσιο, πηγές & υφιστάμενη κατάσταση στην ευρύτερη περιοχή της Λάρισας*, Ποιότητα ατμόσφαιρας - Ατμοσφαιρική & ηλεκτρομαγνητική ρύπανση - Μέτρα αντιμετώπισης, ΤΕΕ, ΤΕΕ-Τμ. Κεντρ. & Δυτ. Θεσσαλίας, 4 Ιουνίου, 2010: Λάρισα, ανακτήθηκε από το διαδίκτυο στις 24/01/2011, [http://library.tee.gr/digital/m2526/m2526\\_delibasis.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2526/m2526_delibasis.pdf)
- Δήμος Χαϊδαρίου, Ιστορική αναδρομή. *Οι Ρειτοί (λίμνη Κουμουνδούρου)*. Ανακτήθηκε από το internet στις 14/12/2010: <http://www.haidari.gr/Default.aspx?tabid=164&language=en-US>.
- Διαδικτυακή εφημερίδα Δυτικής Αττικής MagoulaOnline, Καρκινογόνες ουσίες ρέουν στον Ασπρόπυργο, άμεση η παρέμβαση του νομάρχη, Ημερομηνία δημοσίευσης: 18/12/2010, Ημερομηνία ανάκτησης: 15/04/2011 (<http://magoulaonline.gr/2010/12/14082>)
- Ιερά Οδός, John Travlos: Bildlexikon zur Topographie des antiken Attika / Ιωάννης Τραυλός: Εικονογραφημένο Λεξικό για την τοπογραφία της αρχαίας Αττικής, ανακτήθηκε από το διαδίκτυο στις 07/01/2011, <http://ieraodo.blogspot.com/2010/09/john-travlos-bildlexikon-zur.html>.
- Ξενίδης Α., *Σημειώσεις Φυτοαποκατάστασης*, 2009. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο στις 16/03/2012 ([http://postgrasrv.hydro.ntua.gr/gr/edmaterial/education/xenidis/Fytoapokatastasi\\_notes.pdf](http://postgrasrv.hydro.ntua.gr/gr/edmaterial/education/xenidis/Fytoapokatastasi_notes.pdf))
- Οικολογική Εταιρεία Ανακύκλωσης, Μεσόγειος SOS, WWF, GREENPEACE, *Αναλυτική παρουσίαση του ολοκληρωμένου σχεδίου διαχείρισης απορριμμάτων στην Αττική*, Ημερομηνία έκδοσης αρχείου: Ιανουάριος 2010, ανακτήθηκε από το διαδίκτυο στις 04/01/2011, <http://www.greenpeace.org/raw/content/greece/press/118523/common-proposal-wastemanagement.pdf>
- Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, Στατιστικά θέματα, ανακτήθηκε από το διαδίκτυο στις 03/02/2011, <http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE>
- Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Περιβάλλον - Ποιότητα της ατμόσφαιρας - Νομοθεσία, ανακτήθηκε από το διαδίκτυο στις 24/01/2011, <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=493>

#### Διεθνείς ιστοσελίδες

- Curtius, E., Kaupert, J.A., *Karten von Attika - Pyrgos*, Berlin, 1895-1903, ανακτήθηκε από το διαδίκτυο στις 21/12/2010, <http://diglit.ub.uni-heidelberg.de/diglit/curtius1895a/0003?sid=655e7508cc9d1af4293b7d47f183c30b>
- European Environmental Agency, CORINE Land Cover 2006, ανακτήθηκε από το διαδίκτυο στις 11/01/2011, <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/clc-2006-vector-data-version>.
- <http://www.yale.edu/ceo>



# **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: Φυσικοχημικές παράμετροι**

## 1. Φυσικοχημικές παράμετροι τηλεμετρικού σταθμού

Στα πλαίσια στις παρούσας μελέτης, όπως προαναφέρθηκε, εγκαταστάθηκε τηλεμετρικός σταθμός για την παρακολούθηση της μεταβολής των ποιοτικών παραμέτρων της λίμνης Κουμουνδούρου σε δεκαπεντάλεπτο βήμα (GPS Aquameter της εταιρείας Aquaread).

Πιο συγκεκριμένα, εγκαταστάθηκε τηλεμετρικός σταθμός στο κέντρο περίπου της λίμνης για την παρακολούθηση της μεταβολής της θερμοκρασίας νερού, του pH, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, του διαλυμένου οξυγόνου, του δυναμικού οξειδοαναγωγής και της θολότητας. Στον Πίνακα Π 1 δίνονται τα στατιστικά στοιχεία των μέσων ημερήσιων τιμών των φυσικοχημικών παραμέτρων του σταθμού για την περίοδο λειτουργία του τηλεμετρικού σταθμού (01/04/2011-02/05/2012). Σημειώνεται ότι κατά την περίοδο 08/10/2011-12/10/2011 δεν έγιναν μετρήσεις λόγω τεχνικών προβλημάτων.

**Πίνακας Π 1:** Στατιστικά στοιχεία των μέσων ημερήσιων τιμών του τηλεμετρικού σταθμού της Λίμνης Κουμουνδούρου.

Παράμετρος	T°C	pH	Ηλ. Αγωγιμότητα (μS/cm)	D.O. (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Δυναμικό οξειδοαναγωγής (mV)
<b>Μέσος όρος</b>	19.5	8.4	13279.5	11.0	5.5	292.2
<b>Μέγιστο</b>	32.4	10.4	16956.9	22.2	52.9	483.7
<b>Ελάχιστο</b>	5.0	7.2	11456.0	0.0	0.0	44.4

Παρακάτω παρατίθενται τα διαγράμματα απεικόνισης της μέσης ημερήσιας και της ωριαίας μεταβολής των μετρήσεων των παραμέτρων του τηλεμετρικού σταθμού (Εικόνα Π 1).

Με βάση τα παρακάτω προκύπτει ότι η θερμοκρασία του νερού της λίμνης Κουμουνδούρου από την ημέρα εγκατάστασης του τηλεμετρικού σταθμού (01/04/2011) έως τις αρχές Μαΐου κυμάνθηκε από 5,0 έως 32,4° C, με μέση τιμή 19,5° C. Παράλληλα, η θερμοκρασία σταδιακά αυξάνεται μέχρι τον Ιούλιο - Αύγουστο και στη συνέχεια σταδιακά μειώνεται, κάτι αναμενόμενο, ενώ οι μέγιστες τιμές εμφανίζονται κατά τις μεσημβρινές - απογευματινές ώρες (2:00 μμ - 5:00 μμ) και οι ελάχιστες τιμές κατά τις πρωινές ώρες (7:00 πμ - 9:00 πμ) (Εικόνα Π 1, i-ii).

Αναφορικά με το pH, αυτό είναι ελαφρά αλκαλικό έως αλκαλικό (εύρος 7,2 έως 10,4 με μέση τιμή 8,4). Τις υψηλότερες τιμές του τις παίρνει κατά τον Ιούνιο - Ιούλιο, ενώ ανοδικές τάσεις σημειώνονται και κατά τον Οκτώβριο - Δεκέμβριο. Οι μέγιστες τιμές εμφανίζονται κατά τις μεσημβρινές -

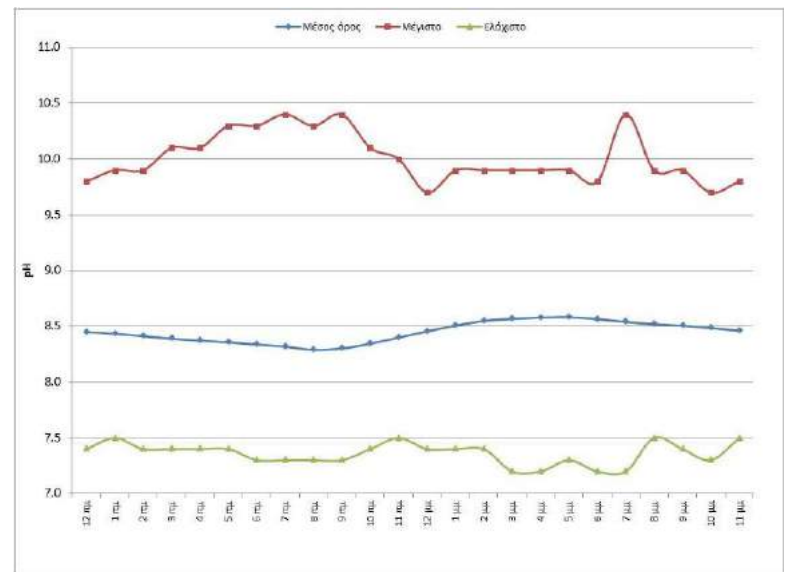
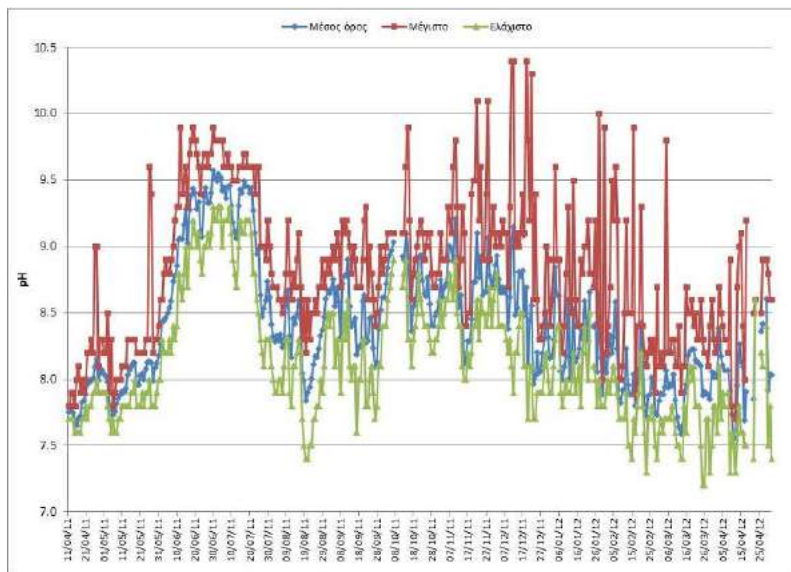
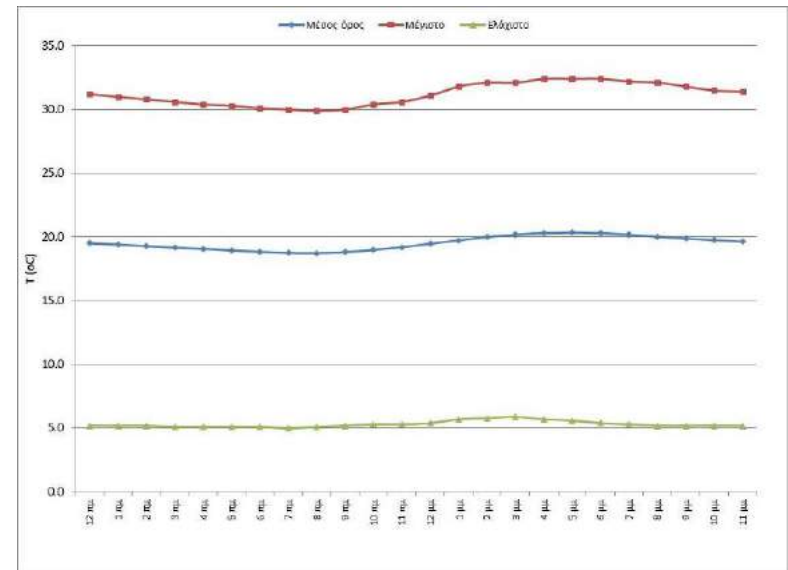
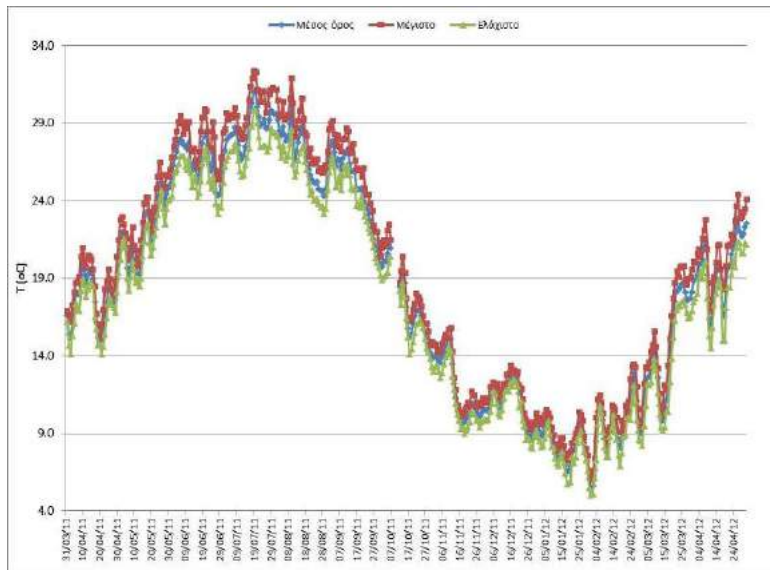
απογευματινές ώρες (3:00 μμ - 6:00 μμ) και οι ελάχιστες κατά τις πρωινές ώρες (7:00 πμ - 9:00 πμ) (Εικόνα Π 1, iii-iv).

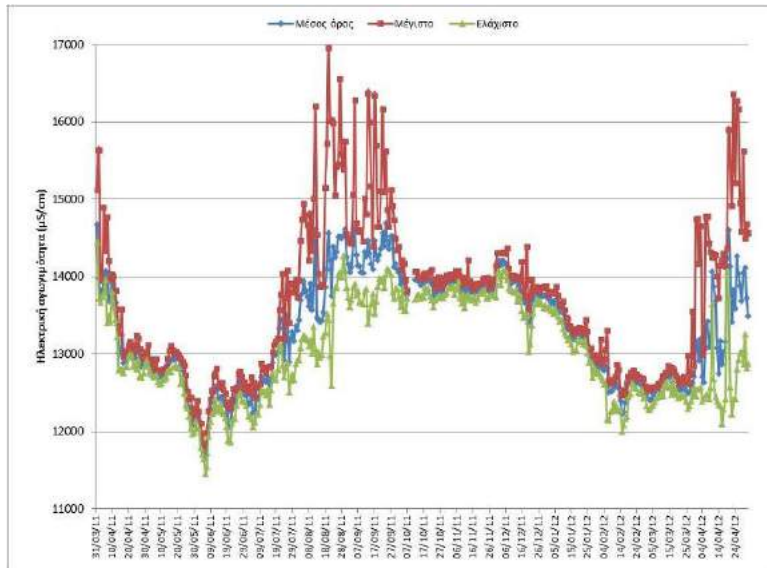
Οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας αρχικά μειώνονται μέχρι τα τέλη Μαΐου, στη συνέχεια σταδιακά αυξάνονται μέχρι τα τέλη Σεπτεμβρίου και μετά σταθεροποιούνται μέχρι τον Δεκέμβριο. Ακολουθεί μία μείωση των τιμών μέχρι τον Απρίλιο, ενώ μετά αυξάνονται και πάλι. Η περίοδος χαμηλών τιμών ηλεκτρικής αγωγιμότητας ταυτίζεται με την περίοδο υψηλών στάθμεων του υπόγειου υδροφόρου, μεγάλων παροχών των πηγών ή υψηλών βροχοπτώσεων. Χαρακτηριστικές είναι ακόμα οι μεγάλες ημερήσιες αυξομειώσεις της τιμής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας που παρατηρείται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (τέλη Ιουλίου - τέλη Σεπτεμβρίου). Οι τιμές της είναι αυξημένες και κυμαίνονται από 11.456,0 έως 16.956,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , με μέση τιμή 13.279,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Εικόνα Π 1, v-vi).

Οι συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου είναι υψηλές (εύρος 0,0 έως 22,2 mg/l με μέση τιμή 11,0 mg/l), με την μέση ημερήσια τιμή του να μην πέφτει κάτω από 5,0 ng/l, και το νερό γενικά μπορεί να χαρακτηριστεί ως καλής - υψηλής ποιότητας. Γενικά το διαλυμένο οξυγόνο εμφανίζει αυξητικές τάσεις μέχρι το Ιούνιο, οι οποίες μπορούν να αποδοθούν στις αυξημένες διαδικασίες φωτοσύνθεσης που παρατηρούνται αυτήν την εποχή, ενώ στη συνέχεια σταδιακά μειώνονται μέχρι και τα τέλη Οκτωβρίου. Μικρή άνοδος παρατηρείται ακόμα κατά τον Νοέμβριο. Παράλληλα, οι συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου παίρνουν τις μέγιστες τιμές τους κατά τις απογευματινές ώρες (5:00 μμ - 7:00 μμ) και τις χαμηλότερες νωρίς το πρωί (7:00 πμ - 9:00 πμ), γεγονός που οφείλεται στην επικράτηση των διαδικασιών φωτοσύνθεσης κατά τη διάρκεια της ημέρας και των διαδικασιών διαπνοής κατά τις νυχτερινές ώρες (Εικόνα Π 1, vii-viii).

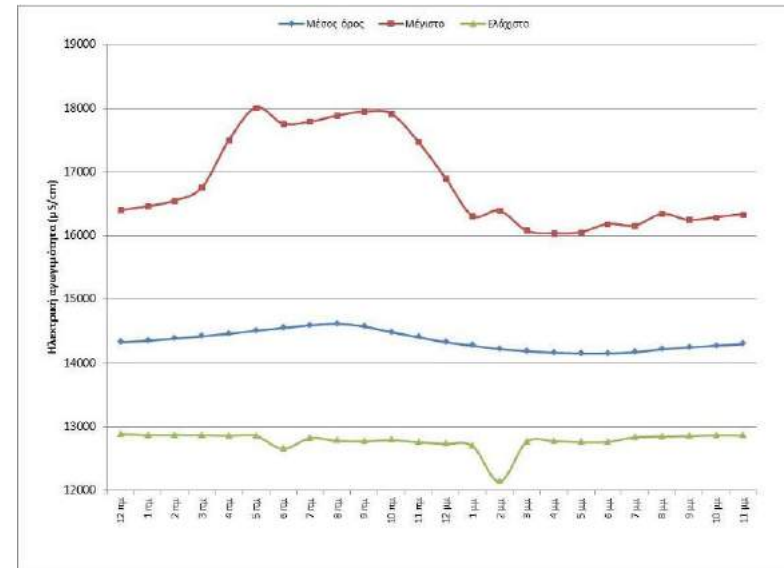
Το εύρος των τιμών της θολότητας είναι μεγάλο (0,0 έως 52,9 NTU με μέση τιμή 5,5 NTU), γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στο μικρό βάθος της λίμνης, σε συνδυασμό με φαινόμενα τοπικής σημασίας (κυματισμός, αύξηση της έντασης του ανέμου) (Εικόνα Π 1, ix-x).

Αναφορικά με το δυναμικό οξειδοαναγωγής, σημειώνεται ότι σταδιακά μέχρι τα τέλη Ιουλίου οι τιμές σταδιακά μειώνονται, ενώ στη συνέχεια αυξάνονται μέχρι τον Ιανουάριο, για να ακολουθήσουν ξανά πτωτική πορεία. Οι τιμές κυμαίνονται από 44,4 έως 483,7 mV, με μέση τιμή 292,2 mV, ενώ παρατηρούνται μεγάλες διακυμάνσεις. Παράλληλα, οι τιμές του δυναμικού οξειδοαναγωγής παίρνουν τις μέγιστες τιμές τους κατά τις πρωινές ώρες (5:00 πμ - 7:00 πμ) και τις χαμηλότερες κατά της μεσημβρινές - απογευματινές ώρες (5:00 μμ - 7:00 μμ) (Εικόνα Π 1, xi-xii).

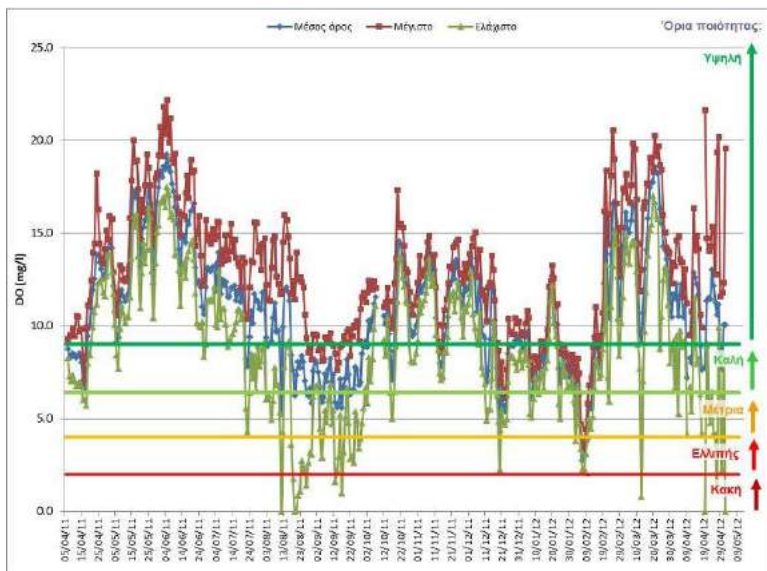




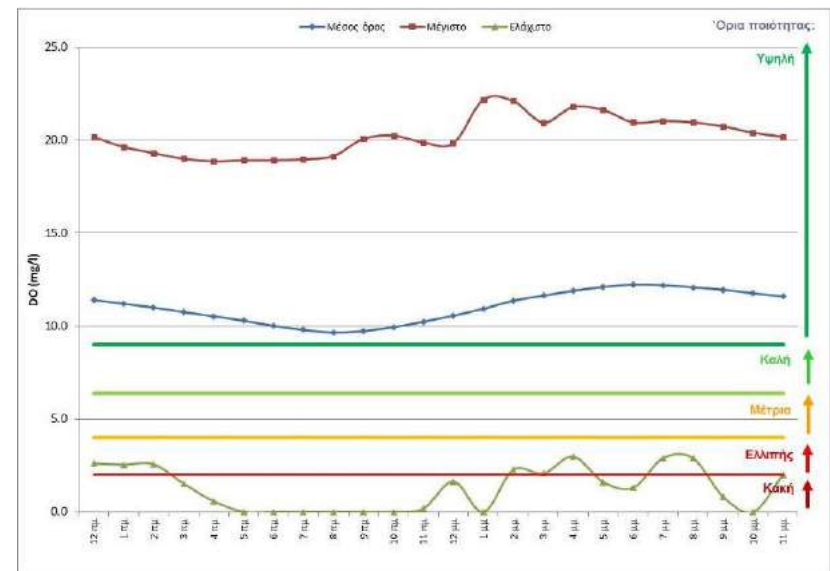
v)



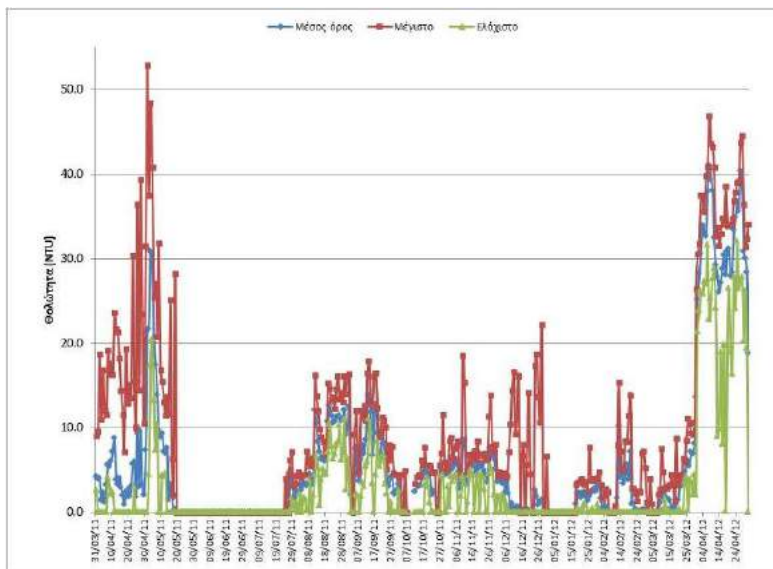
vi)



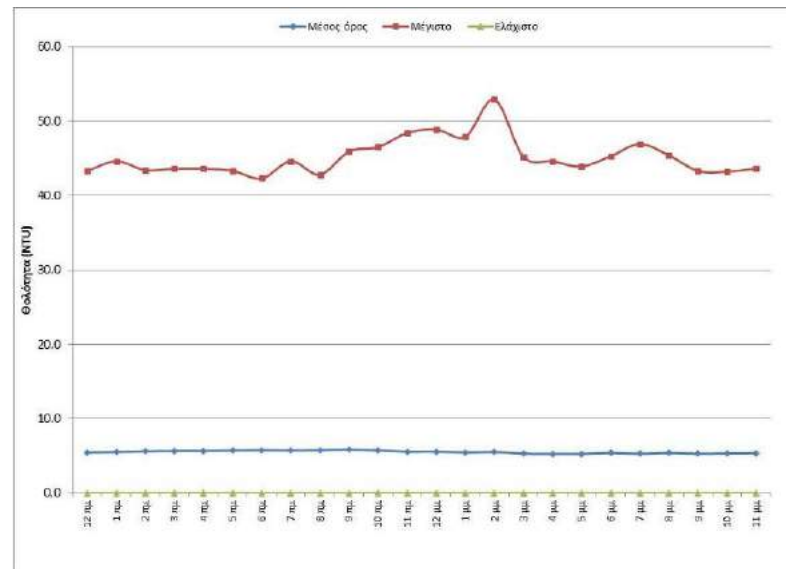
vii)



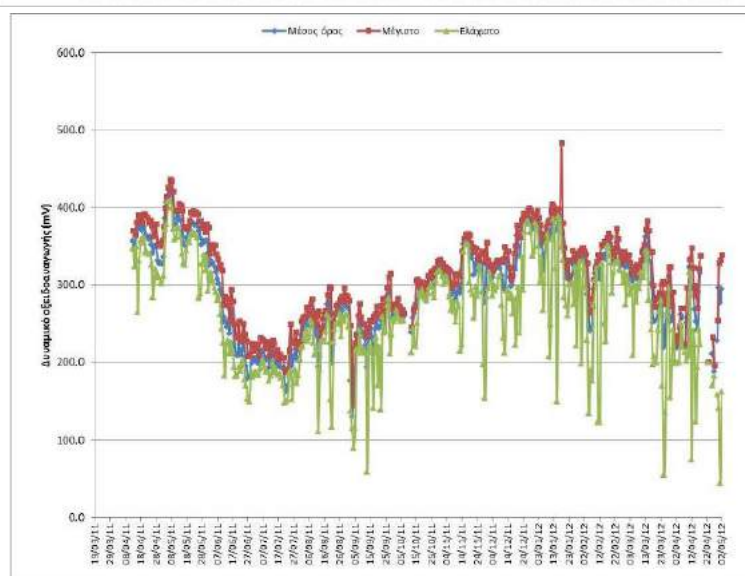
viii)



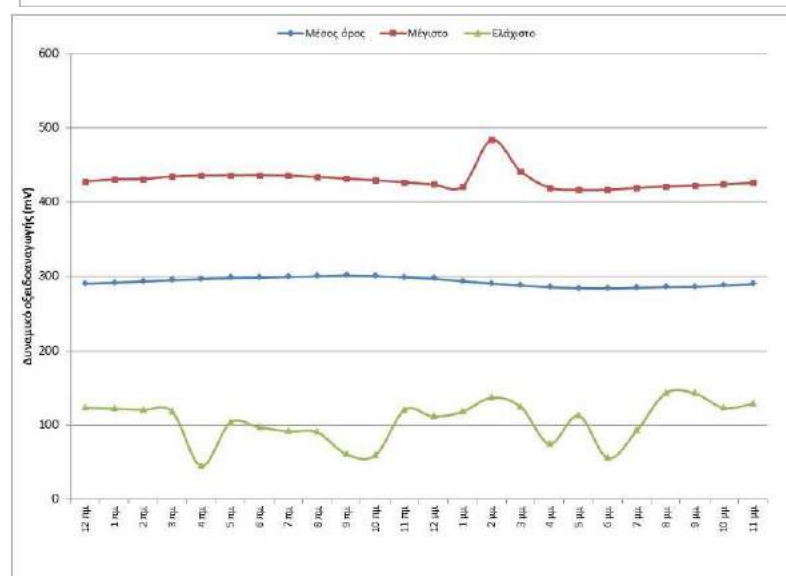
ix)



x)



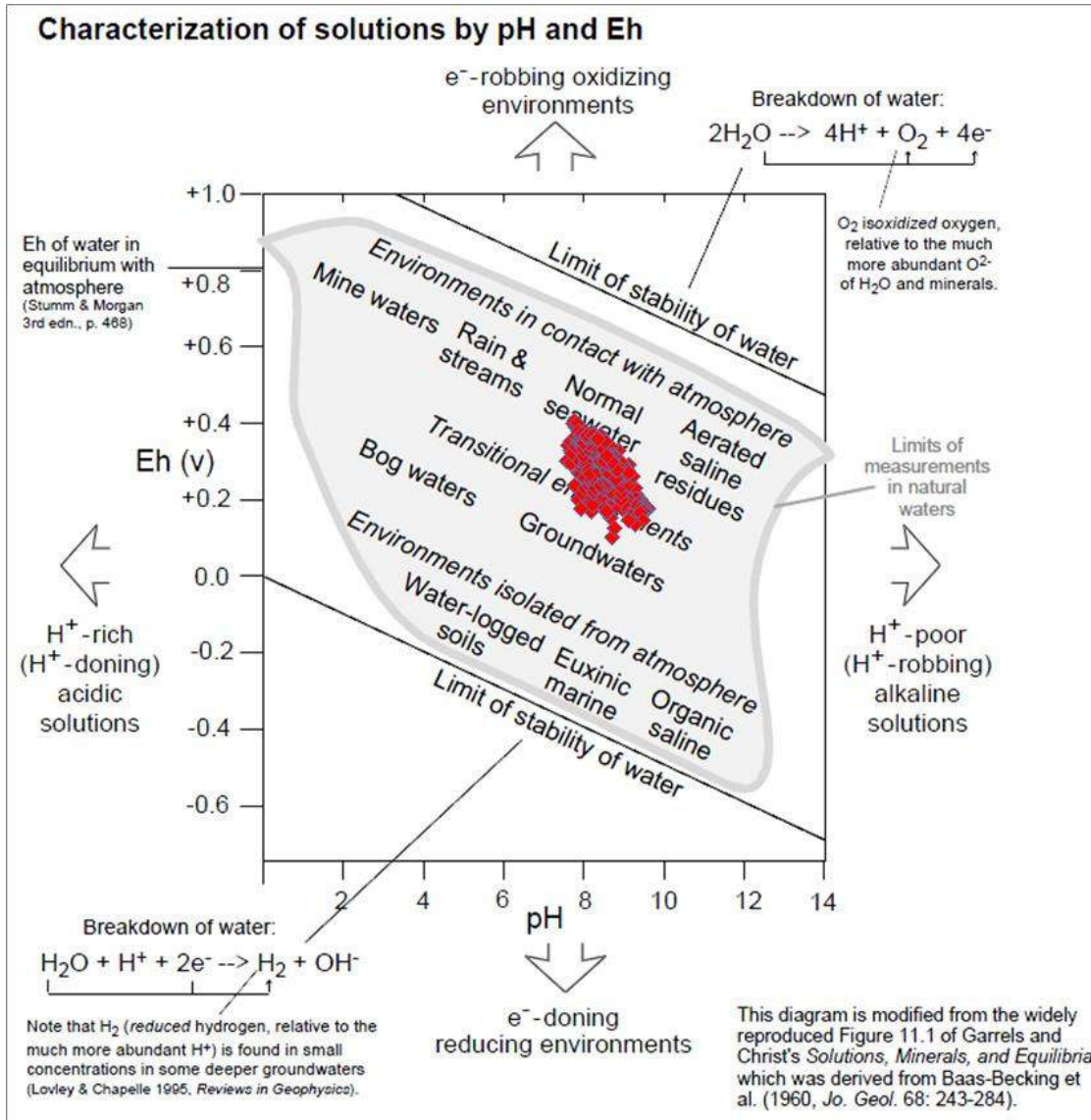
xi)



xii)

Εικόνα Π 1: Μεταβολή των φυσικοχημικών παραμέτρων στον τηλεμετρικό σταθμό στη Λίμνη Κουμουνδούρου.

Παρακάτω ακολουθεί το διάγραμμα pH - Δυναμικό οξειδοαναγωγή για τις μέσες ημερήσιες τιμές από την τηλεμετρικό σταθμό που έχει εγκατασταθεί στη λίμνη Κουμουνδούρου (Εικόνα Π 2). Από αυτό προκύπτει ότι το νερό της λίμνης ανήκει στα μεταβατικά ύδατα - θαλασσινό νερό.



**Εικόνα Π 2:** Διάγραμμα pH - Eh (Pourbaix) των μέσων ημερήσιων τιμών του τηλεμετρικού σταθμού της Λίμνης Κουμουνδούρου.



## 2. Φυσικοχημικές παράμετροι μετρητικού σταθμού

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, όπως προαναφέρθηκε, εγκαταστάθηκε σταθερός μετρητικός σταθμός για την παρακολούθηση της μεταβολής των ποιοτικών παραμέτρων της λίμνης Κουμουνδούρου σε δεκάλεπτο βήμα. Ο συγκεκριμένος σταθμός τοποθετήθηκε στο νοτιοανατολικό τμήμα της λίμνης.

Πιο συγκεκριμένα, καταγράφονται δεδομένα θερμοκρασίας, pH, ηλεκτρικής αγωγιμότητας, της ειδικής αντίστασης, της αλατότητας, του TDS, του δυναμικού οξειδοαναγωγής, της θολότητας, της βαρομετρικής πίεσης και το ειδικό βάρος. Οι μετρήσεις των φυσικοχημικών αυτών παραμέτρων πραγματοποιούνται με το πολυπαραμετρικό όργανο AQUAPROBE της εταιρείας Aquaread.

Σημειώνεται ότι λόγω τεχνικών προβλημάτων, υπάρχει κενό των μετρήσεων από τις 08/04/2011 έως στις 21/05/2011, από τις 29/09/2011 έως στις 11/10/2011 και από τις 20/01/2012 έως 20/02/2012.

Από τα παρακάτω προκύπτει ότι η θερμοκρασία του νερού σταδιακά αυξάνεται μέχρι τα τέλη Ιουλίου - αρχές Αύγουστο, στη συνέχεια σταδιακά μειώνεται μέχρι τον Ιανουάριο και ξανά αυξάνεται, ακολουθώντας τις εποχιακές διακυμάνσεις. Η μέση ημερήσια θερμοκρασία κυμαίνεται από 6,1°C (18/01/2012) έως 32,2°C (20/07/2011), με μέση τιμή 19,5°C. Η ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία σημειώθηκε στις 18/01/2011 (5,3°C) και η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία στις 20/07/2011 (34,6°C). (Εικόνα Π 3i, Πίνακας Π 2).

Η μέση ημερήσια τιμή του pH κυμαίνεται από 4,2 έως 11,9 και εμφανίζει μία αυξητική τάση μέχρι τα τέλη Ιουλίου - αρχές Αυγούστου, ενώ στη συνέχεια ακολουθεί μία πτωτική τάση μέχρι τα μέσα Σεπτεμβρίου. Στη συνέχεια αυξάνεται λίγο για να μειωθεί ξανά. Η ελάχιστη τιμή σημειώθηκε στις 31/08/2011 (4,2) και η μέγιστη στις 24/12/2011 (11,9) (Εικόνα Π 3 ii, Πίνακας Π 2). Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι κατά την περίοδο τέλη Αυγούστου - τέλη Σεπτεμβρίου το νερό της λίμνης χαρακτηρίζονταν ως ελαφρά όξινο, ενώ γενικά οι πολύ μεγάλες τιμές του pH είναι μεμονωμένα περιστατικά, καθώς η μέγιστη μέση ημερήσια τιμή του είναι 10,3.

Αναφορικά με την ηλεκτρική αγωγιμότητα, αυτή παρουσιάζει μία σαφή αυξητική τάση της μέσης ημερήσιας τιμής κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (Ιούνιος - Αύγουστος), ενώ στη συνέχεια μειώνεται, για να αρχίσει ξανά να αυξάνεται τον Μάρτιο. Η μέση ημερήσια τιμή της αγωγιμότητας κυμαίνεται από 12.982,1  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (03/03/2012) έως 21.714,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (24/07/2011). Η μέγιστη ημερήσια ηλεκτρική

αγωγιμότητα παρατηρήθηκε στις 05/08/2012 (27.553,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) και η ελάχιστη στις 01/03/2012 (12.281,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (Εικόνα Π 3iii, Πίνακας Π 2).

Η μέση ημερήσια τιμή της θολότητας κυμαίνεται από 0,0 NTU έως 142,0 NTU (15/03/2012), με μέση τιμή 18,08 NTU. Η μέγιστη μέση ημερήσια τιμή θολότητας παρατηρήθηκε στις 17/03/2012 (196,0 NTU), η οποία προφανώς οφείλεται σε κάποιο μεμονωμένο ακραίο περιστατικό (π.χ. έντονος κυματισμός, αύξηση της έντασης του ανέμου) (Εικόνα Π 3v, Πίνακας Π 2).

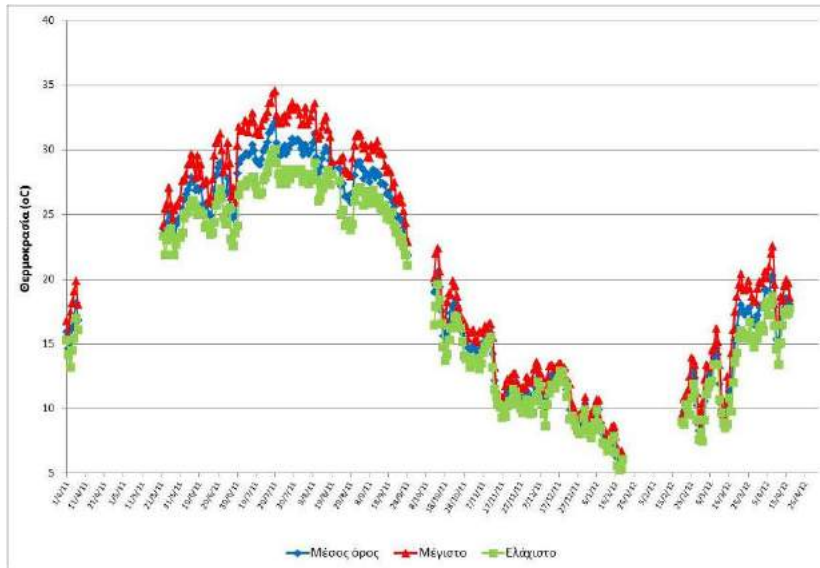
Αναφορικά με το δυναμικό οξειδοαναγωγής, σημειώνεται ότι στην περιοχή που είναι εγκατεστημένος ο μετρητικός σταθμός παίρνει κυρίως αρνητικές τιμές. Η μέση ημερήσια τιμή κυμαίνεται από -665,3 mV (08/12/2011) έως 321,8 mV (07/04/2011) (Εικόνα Π 3v, Πίνακας Π 2), ενώ η μέση τιμή του είναι -384,4 mV.

Το TDS εμφανίζει αυξητική τάση μέχρι τα τέλη Ιουλίου, ενώ στη συνέχεια ακολουθεί μία πτωτική πορεία, για να αυξηθεί ξανά τον Μάρτιο. Η μέση ημερήσια τιμή κυμαίνεται από 8.437,9 έως 14.644,3 mg/l, με μέση τιμή 11.663,3 mg/l. Η μέγιστη ημερήσια τιμή TDS σημειώθηκε στις 05/08/2011 (17.709,0 mg/l) και η ελάχιστη στις 01/03/2011 (7.982,0 mg/l) (Εικόνα Π 3vi, Πίνακας Π 2).

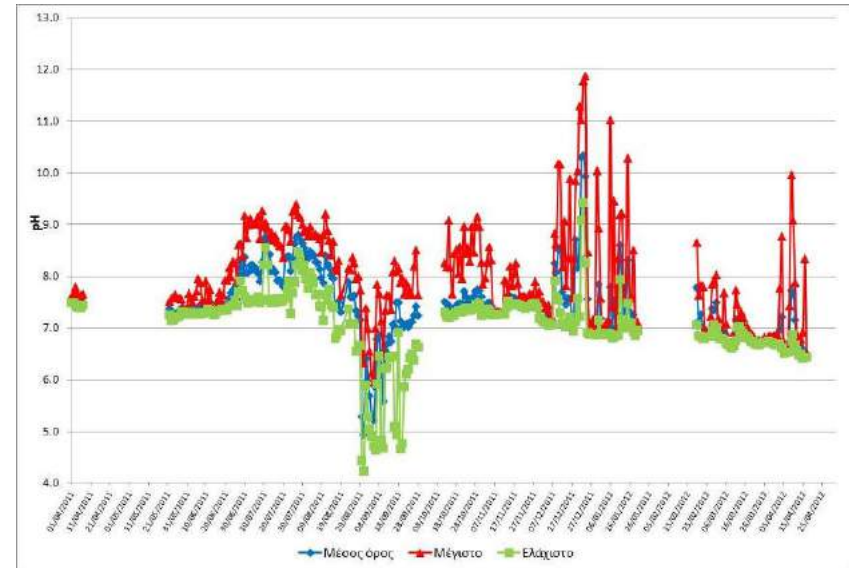
Η μέση ημερήσια αλατότητα στο νερό της Λίμνης Κουμουνδούρου κυμαίνεται από 7,4 έως 13,6 PSU, με μέση τιμή 10,6 PSU, παρουσιάζει αυξητική τάση μέχρι τον Οκτώβριο και ακολουθεί μία σταδιακή πτωτική πορεία μέχρι τον Μάρτιο (Εικόνα Π 3vii, Πίνακας Π 2).

**Πίνακας Π 2:** Στατιστικά στοιχεία των μέσων ημερήσιων τιμών του μετρητικού σταθμού της Λίμνης Κουμουνδούρου

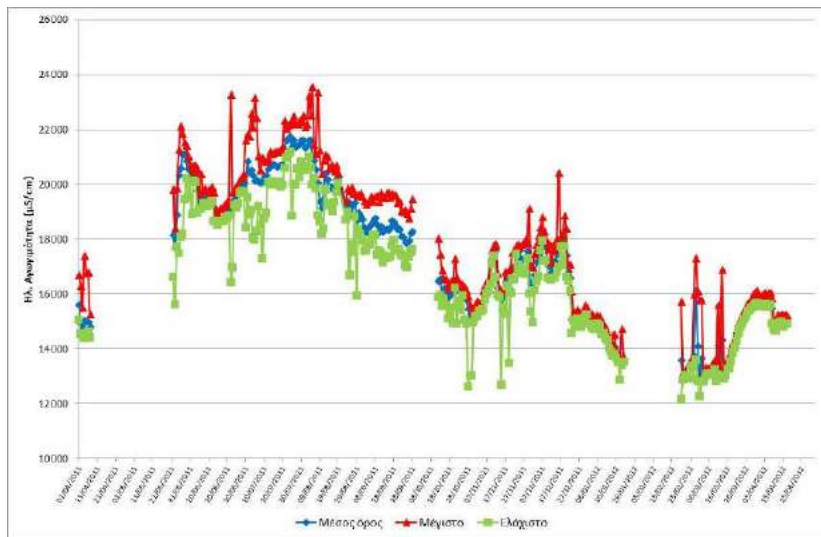
Παράμετρος	T°C	pH	Ηλ. Αγωγιμότητα ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Θολότητα (NTU)	Δυναμικό οξειδοαναγωγής (mV)	TDS (mg/l)	Αλατότητα (PSU)
<b>Μέσος όρος</b>	19.5	7.4	17297.4	142.0	-384.4	11663.3	10.6
<b>Μέγιστο</b>	32.2	10.3	21714.0	75.9	321.8	14644.3	13.6
<b>Ελάχιστο</b>	6.1	4.9	12982.1	0.0	-665.3	8437.9	7.4



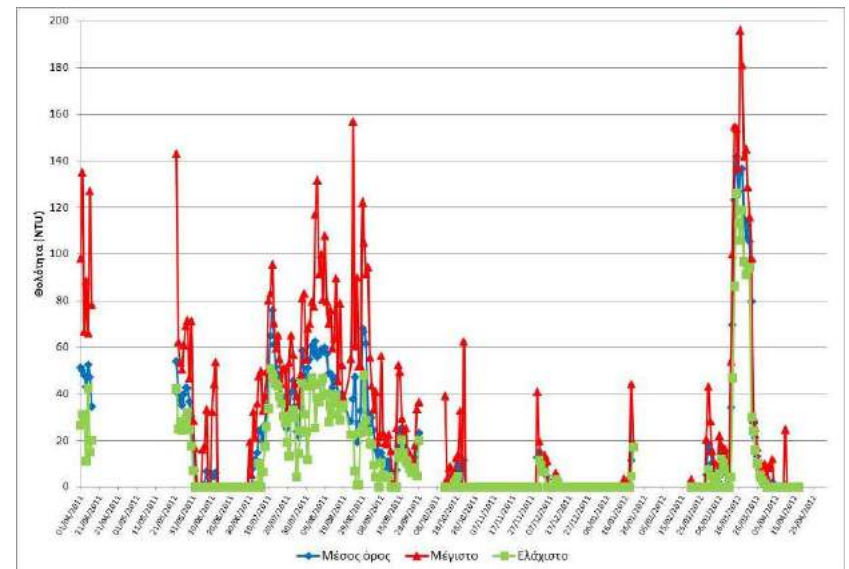
i)



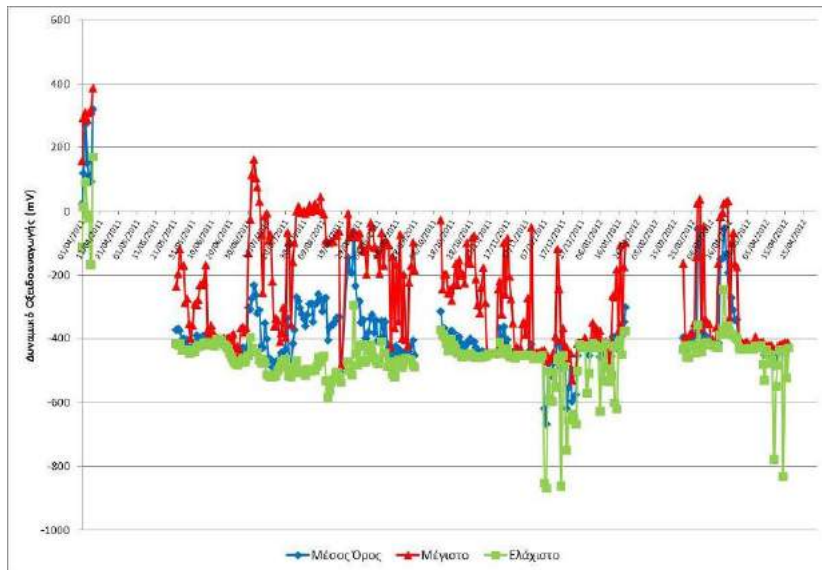
ii)



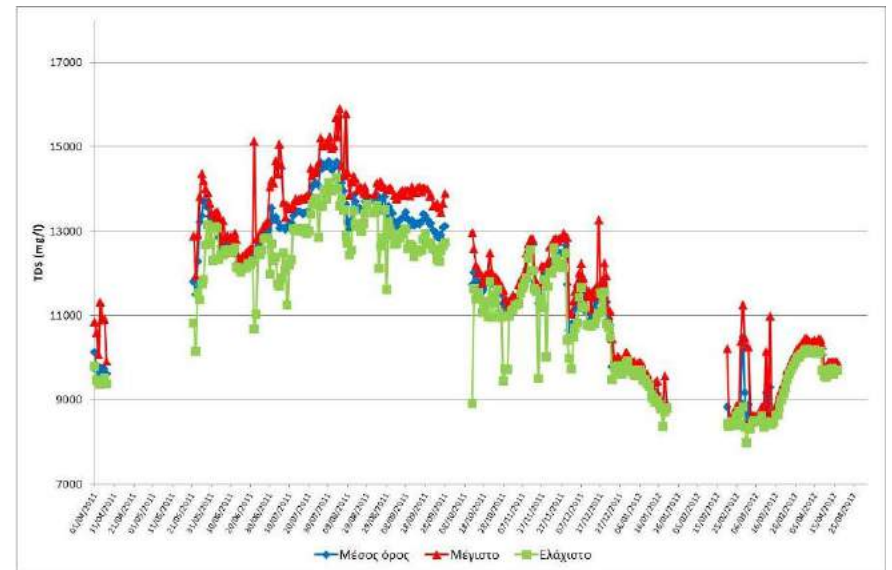
iii)



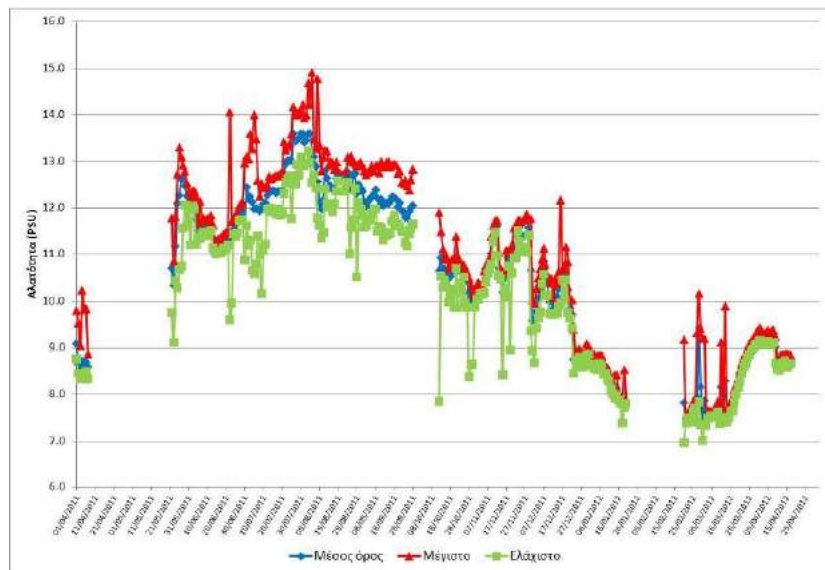
iv)



v)



vi)



vii)

**Εικόνα Π 3:** Μεταβολή των φυσικοχημικών παραμέτρων στον σταθερό μετρητικό σταθμό στη Λίμνη Κουμουνδούρου.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: Χάρτες**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: Καταγραφή Ορνιθοπανίδας &  
Ιχθυοπανίδας**

**Πίνακας Π 3:** Καμετρήσεις ορνιθοπανίδας σε δέκα καταγραφές από το ΕΛΚΕΘΕ (Νοέμβριος 2010-Μάιος 2012)

Είδος	Κοινή Ονομασία	Βαθμός Απειλής	Κατηγορίες	Αποδημητικά / Επιδημητικά	Υγροτοπικά / Χερσαία	Χειμώνας '10	Άνοιξη '11	Άνοιξη '11*	Καλοκαίρι '11	Φθινόπωρο '11	Χειμώνας '11	Χειμώνας '12	Χειμώνας '12*	Άνοιξη '12	Άνοιξη '12*
<i>Accipiter nisus</i>	Ξεφτέρι	0	1	1	2	1						1	1		
<i>Acrocephalus melanopogon</i>	Μουστακοποταμίδα	3	6	1	1	1									
<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	Καλαμοποταμίδα	0	6	1	1			1							
<i>Acrocephalus sp.</i>	Είδος Ποταμίδας	0	6	1	1		1								2
<i>Actitis hypoleucos</i>	Ακτίτης	0	4	1	1			1							
<i>Alcedo atthis</i>	Αλκυόνη	0	7	1	1					7	2	1			
<i>Alectoris chukar</i>	Νησιώτικη Πέρδικα	0	9	2	2									2	
<i>Anas clypeata</i>	Χουλιάροπαπια	0	5	1	1	12	9			2	20	16	24	13	
<i>Anas crecca</i>	Κιρκίρι	0	5	1	1	14	6			4	50	40	45	13	
<i>Anas penelope</i>	Σφυριχτάρι	0	5	1	1						20	5	13		
<i>Anas platyrhynchos</i>	Πρασινοκέφαλη Πάπια	0	5	1	1				7	8	15	13			2
<i>Anas querquedula</i>	Σαρσέλα	3	5	1	1					1					
<i>Anas strepera</i>	Καπακλής	3	5	1	1						4	6	1		
<i>Anthus pratensis</i>	Λιβαδοκελάδα	0	8	1	2	1									
<i>Apus melba</i>	Βουνοσταχτάρα	0	9	1	2			3							
<i>Apus pallidus</i>	Ωχροσταχτάρα	0	9	1	2			5							
<i>Apus sp.</i>	Είδος Σταχτάρας	0	9	1	2			15							
<i>Ardea cinerea</i>	Σταχτοτσικνιάς	0	3	1	1	5	8	4	2	5	6	5	4	2	
<i>Ardea purpurea</i>	Πορφυροτσικνιάς	2	3	1	1		2	2							
<i>Ardeola ralloides</i>	Κρυπτοτσικνιάς	3	3	1	1			3							7
<i>Aythya ferina</i>	Γκισάρι	0	5	1	1				1						
<i>Aythya nyroca</i>	Βαλτόπαπια	3	5	1	1	40	2		3	3	14	11	4	9	2

<i>Buteo buteo</i>	Γερακίνα	0	1	2	2	2	1		1	2	1	1	1		
<i>Buteo rufinus</i>	Αετογερακίνα	3	1	1	2					1	1	1			
<i>Carduelis carduelis</i>	Καρδερίνα	0	8	2	2			5							
<i>Cettia cetti</i>	Ψευταηδόνη	0	6	2	1		2	1		1	2	5	7	5	
<i>Delichon urbicum</i>	Λευκοχελίδονο	0	8	1	2		240	152							
<i>Egretta garzetta</i>	Λευκοτσικνιάς	0	3	1	1	2	8	4	3	5			1	2	
<i>Emberiza cia</i>	Βουνοσίχλωνα	0	8	1	2						7				
<i>Erithacus rubecula</i>	Κοκκινολαίμης	0	8	1	2	1				1	4	7			
<i>Falco peregrinus</i>	Πετρίτης	0	1	1	2		1								
<i>Falco tinnunculus</i>	Βραχοκιρκινέζο	0	9	2	2							2			
<i>Fringilla coelebs</i>	Σπίνος	0	8	1	2					1	16	10	7		
<i>Fulica atra</i>	Φαλαρίδα	0	5	2	1	600	190	90	335	480	490	480	450	170	150
<i>Gallinula chloropus</i>	Νερόκοτα	0	5	2	1		6	3	6	9	5	9	10	26	
<i>Hirundo daurica</i>	Μιλτοχελίδο	0	8	1	2		3								
<i>Hirundo rustica</i>	Σταυλοχελίδονο	0	8	1	2		105	185		10					
<i>Ixobrychus minutus</i>	Μικροτσικνιάς	0	3	1	1			2							
<i>Lanius senator</i>	Κοκκινοκεφαλός	0	8	1	2		1								
<i>Larus melanocephalus</i>	Μαυροκέφαλος Γλάρος	2	10	1	1		11				10	1	50		
<i>Larus michahelis</i>	Ασημόγλαρος	0	10	2	1	250	90	2	36	450	1400	450	500	150	30
<i>Larus ridibundus</i>	Καστανοκέφαλος Γλάρος	0	10	1	1	20	105	5		54	200	150	255	80	
<i>Lulula arborea</i>	Δεντροσταρήθρα	0	8	1	2						10	7			
<i>Motacilla alba</i>	Λευκοσουσουράδα	0	8	1	2	1						2			
<i>Motacilla cinerea</i>	Σταχτοσουσουράδα	0	8	1	2						1				
<i>Muscicapa striata</i>	Σταχτομυχογοχάφτης	0	8	1	2			1		2					
<i>Passer domesticus</i>	Σπιτοσπουργίτης	0	8	2	2	10	2	5	1		5	10		10	
<i>Phalacrocorax carbo</i>	Κορμοράνος	0	3	1	1	1									
<i>Phylloscopus collybita</i>	Δεντροφυλλοσκόπος	0	8	1	2					6	27	46	6		
<i>Phylloscopus sp.</i>	Είδος Φυλλοσκόπου	0	8	1	2							1			
<i>Phylloscopus trochilus</i>	Θαμνοφυλλοσκόπος	0	8	1	2		2								
<i>Pica pica</i>	Καρακάξα	0	8	2	2	7	5	3	2	10	2	15	17	12	15
<i>Podiceps nigricollis</i>	Μαυροβουτηχτάρι	0	5	1	1	1						3	6	3	
<i>Prunella modularis</i>	Θαμνοψάλτης	0	8	1	2					1					



<i>Riparia riparia</i>	Οχθοχελίδονο	0	6	1	1	5									
<i>Saxicola torquata</i>	Μαυρολαίμης	0	8	1	2										
<i>Serinus serinus</i>	Σκαρθάκι	0	8	2	2						1				
<i>Streptopelia decaocto</i>	Δεκαοχτούρα	0	8	2	2		2	2	1	1		4	1	4	
<i>Streptopelia turtur</i>	Τρυγόνι	0	8	1	2		5							5	
<i>Sturnus vulgaris</i>	Ψαρόνι	0	8	1	2	50				1000					
<i>Sylvia sp.</i>	Είδος Τσιροβάκου	0	8	1	2									1	
<i>Sylvia melanocephala</i>	Μαυροτσιροβάκος	0	8	2	2					1	3	3			
<i>Sylvia attricapila</i>	Μαυροσκούφης	0	8	1	2						3				
<i>Tachybaptus ruficollis</i>	Νανοβουτηχτάρι	0	5	2	1	15	6	4	16	20	20	10	20	10	5
<i>Tadorna tadorna</i>	Βαρβάρα	3											2		
<i>Tringa ochropus</i>	Δασότριγγας	0	4	1	1		3								
<i>Troglodytes troglodytes</i>	Τρυποφράκτης	0	8	1	2					1	3	1			
<i>Upupa epops</i>	Τσαλαπετινός	0	8	1	2			1							

**Σημειώσεις επί των στύλων:****Βαθμός απειλής:** 1: Κρισίμως Κινδυνεύον, 2: Κινδυνεύον, 3: Τρωτό, 4: Σχεδόν Απειλούμενο**Κατηγορίες:** 1: Αρπακτικά Χερσαία, 2: Αρπακτικά Υγροτοπικά, 3: Πελαργόμορφα & Πελεκανόμορφα, 4: Γλάροι-Γλαρόνια, 5: Υδροόβια, 6: Υγροτοπικά Στρουθιόμορφα, 7: Υγροτοπικά Μη-Στρουθιόμορφα, 8: Χερσαία Στρουθιόμορφα, 9: Χερσαία Μη-Στρουθιόμορφα, 10: Χαραδριόμορφα.**Αποδημητικά:** 1 / **Επιδημητικά:** 2.**Υγροτοπικά:** 1 / **Χερσαία:** 2.**Καταγραφές:** Χειμώνας '10: 25.11.2010, Άνοιξη '11: 01.04.2011, Άνοιξη '11\*: 12.05.2011, Καλοκαίρι '11: 25.07.2011, Φθινόπωρο '11: 29.09.2011, Χειμώνας '11: 29.11.2011, Χειμώνας '12: 18.01.2012, Χειμώνας '12\*: 20.02.2012, Άνοιξη '12: 22.03.2012, Άνοιξη '12\*: 08.05.2012.

**Πίνακας Π 4:** Περιγραφική στατιστική για την πυκνότητα και αφθονία των ψαριών για κάθε σταθμό δειγματοληψίας και δειγματοληπτική επίσκεψη

Σταθμός	Ημερομηνία	Παράμετροι	N	Εύρος	Ελάχιστο	Μέγιστο	Άθροισμα	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Διακύμανση	
Σταθμός 1	Απρίλιος 1	Πυκνότητα / m	2	103,9	4,9	108,8	<b>113,6</b>	56,8	73,5	5395,0	
		Αφθονία	2	831,0	39,0	870,0	909,0	454,5	587,6	345280,5	
	Μάιος 12	Πυκνότητα / m	2	73,4	0,0	73,4	73,4	36,7	51,9	2691,9	
		Αφθονία	2	587,0	0,0	587,0	587,0	293,5	415,1	172284,5	
	Ιούλιος 25	Πυκνότητα / m	2	45,0	15,0	60,0	75,0	37,5	31,8	1012,5	
		Αφθονία	2	360,0	120,0	480,0	600,0	300,0	254,6	64800,0	
	Σεπτέμβριος 29	Πυκνότητα / m	2	69,4	1,9	71,3	73,1	36,6	49,1	2406,4	
		Αφθονία	2	555,0	15,0	570,0	585,0	292,5	392,4	154012,5	
	Νοέμβριος 29	Πυκνότητα / m	2	26,5	0,3	26,8	27,0	13,5	18,7	351,1	
		Αφθονία	2	212,0	2,0	214,0	216,0	108,0	149,9	22472,0	
	Σταθμός 2	Απρίλιος 1	Πυκνότητα / m	2	1,1	0,3	1,4	1,6	0,8	0,8	0,6
			Αφθονία	2	9,0	2,0	11,0	13,0	6,5	6,4	40,5
Μάιος 12		Πυκνότητα / m	2	0,5	0,0	0,5	0,5	0,3	0,4	0,1	
		Αφθονία	2	4,0	0,0	4,0	4,0	2,0	2,8	8,0	
Ιούλιος 25		Πυκνότητα / m	2	211,0	1,5	212,5	214,0	107,0	149,2	22260,5	
		Αφθονία	2	1688,0	12,0	1700,0	<b>1712,0</b>	856,0	1193,6	1424672,0	
Σεπτέμβριος 29		Πυκνότητα / m	2	49,9	0,1	50,0	50,1	25,1	35,3	1243,8	
		Αφθονία	2	399,0	1,0	400,0	401,0	200,5	282,1	79600,5	
Νοέμβριος 29		Πυκνότητα / m	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
		Αφθονία	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Σταθμός 3		Απρίλιος 1	Πυκνότητα / m	2	49,9	0,6	50,5	51,1	25,6	35,3	1243,8
			Αφθονία	2	399,0	5,0	404,0	409,0	204,5	282,1	79600,5
	Μάιος 12	Πυκνότητα / m	2	25,1	0,3	25,4	25,6	12,8	17,8	315,6	
		Αφθονία	2	201,0	2,0	203,0	205,0	102,5	142,1	20200,5	
	Ιούλιος 25	Πυκνότητα / m	2	101,3	17,5	118,8	<b>136,3</b>	68,1	71,6	5125,8	
		Αφθονία	2	810,0	140,0	950,0	<b>1090,0</b>	545,0	572,8	328050,0	
	Σεπτέμβριος 29	Πυκνότητα / m	2	161,6	4,4	166,0	170,4	85,2	114,3	13061,3	
		Αφθονία	2	1293,0	35,0	1328,0	1363,0	681,5	914,3	835924,5	
	Νοέμβριος 29	Πυκνότητα / m	2	6,1	0,1	6,3	6,4	3,2	4,3	18,8	
		Αφθονία	2	49,0	1,0	50,0	51,0	25,5	34,6	1200,5	

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV: Βιομηχανίες στη περιοχή μελέτης**

a/a	Επωνυμία	Ηλεκτρονική διεύθυνση	Κατηγορία δραστηριότητας	Σχολιασμός
001	ΚΟΥΡΗΣ Γ. Α.Ε.Β.Ε.	-	Εμπόριο	Εμπόριο (αποθηκευτικοί χώροι ή γραφεία)
002	ΜΑΖΩ Α.Ε.	-	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Κατεργασία και επικάλυψη μετάλλων
003	ΑΣΠΡΟΚΑΤ Α.Β.Ε.Ε.	www.asprokat.gr	Βιομηχανία δομικών υλικών	Τυποποιημένα οικοδομικά υλικά (λατομεία, ασβεστοποιία, προκατασκευές)
004	ΠΑΤΑΚΗΣ Α.Ε.	www.patakis.gr	Εμπόριο	Εμπόριο (αποθηκευτικοί χώροι ή γραφεία)
005	EVEREST ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΗ ΑΕΒΕ	www.everestgroup.gr	Βιομηχανία τροφίμων	Βιομηχανία μεταποίησης τροφίμων
006	ΒΗΜΚΑ Ε.Π.Ε.	www.vimka.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Ηλεκτρομηχανολογικές και μεταλλικές κατασκευές
007	ΧΑΛΥΨ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ Α.Ε.	www.halyps.gr	Βιομηχανία δομικών υλικών	Μονάδα Ετ Μπετόν (έτοιμου σκυροδέματος)
008	ΧΑΡΤΣΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ	www.hartsas.com	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	Αποθηκευτικοί χώροι
009	ΒΟΥΒΟΥΡΑΣ Ο.Ε.	www.vouvouras.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Βιομηχανία μηχανημάτων λατομείων και μεταλλείων
010	ΓΩΝΙΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	-	Ανακύκλωση υλικών	Ανακύκλωση μη μεταλλικών απορριμμάτων και υπολειμμάτων
011	ΣΟΥΠΕΡΜΙΞ-ΝΙΚΟΛΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΑΒΕΕΠ	www.supermix.gr	Βιομηχανία πλαστικών προϊόντων	Παραγωγή μιγμάτων χλωριούχου πολυβινυλίου (PVC Compounds)
012	ΜΑΡΤΙΝΟΣ ΕΠΙΠΛΑ	www.martinos-epipla.gr	Βιοτεχνία επίπλων και προϊόντων ξύλου	-
013	ΜΙΤΡΟΠΟΥΛΟΣ TRANSPORT TERMINAL	-	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	Καθαρισμός - Πλυντήρια Αυτοκινήτων, Χώροι Στάθμευσης - Γκαράζ
014	ΔΑΜΒΑΚΕΡΑΚΗΣ & ΣΙΑ Ε.Ε.	www.damvakerakis.com	Κατεργασία δέρματος. Παραγωγή δερμάτινων προϊόντων	Βυρσοδεψείο
015	ΜΠΙΡΜΠΙΛΑΣ Κ. ΣΙΑ Ο.Ε.	-	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	Αποθηκευτικοί χώροι
016	ΑΝΤΙΠΡΥΠΑΝΤΙΚΗ Α.Ν.Ε.	www.antipollution.gr	Ανακύκλωση υλικών	Ανακύκλωση μη μεταλλικών απορριμμάτων και υπολειμμάτων
017	OLYMPIC TRUCK PARKING (Βερούτης Στέφανος Ν.)	-	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων
018	ΠΛΑΙΣΙΟ COMPUTERS ΑΕΒΕ	www.plaisio.gr	Εμπόριο	Εμπόριο (αποθηκευτικοί χώροι ή γραφεία)
019	ΑΕΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗ Ε.Π.Ε.	-	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	Αποθηκευτικοί χώροι
020	ΣΑΛΟΥΣΤΡΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ	www.caminetti-saloustros.gr	Εμπόριο	Εμπόριο (αποθηκευτικοί χώροι ή γραφεία)
021	ΜΕΤCON Ε.Π.Ε.	-	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	Αποθηκευτικοί χώροι
022	ΔΡΑΚΟΝΤΑΕΙΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ	-	Ανακύκλωση υλικών	Ανακύκλωση μεταλλικών απορριμμάτων και υπολειμμάτων
023	ΚΑΡΑΤΖΗ Κ. & ΣΙΑ Ο.Ε.	-	Εμπόριο	Εμπόριο (αποθηκευτικοί χώροι ή γραφεία)
024	ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΣΤΕΓΑΣΗ Ο.Ε.	www.domi-stegasi.gr	Βιομηχανία δομικών υλικών	Βιομηχανία δομικών υλικών
025	GEORGIU GREEN INNOVATIONS LTD	www.multitrade.gr	Εμπόριο	Εμπόριο (αποθηκευτικοί χώροι ή γραφεία)
026	ΚΩΣΤΑΚΟΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΕΠΕ	www.kostakos.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Εργοστάσιο
027	ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ ΧΑΡΑ	-	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων
028	ΜΠΟΥΡΑΣ Δ. & ΣΙΑ Ο.Ε.	-	Ανακύκλωση υλικών	Ανακύκλωση μεταλλικών απορριμμάτων και υπολειμμάτων
029	ΚΑΡΑΒΑΣ Κ. Ο.Ε.	-	Εμπόριο	Εμπόριο (αποθηκευτικοί χώροι ή γραφεία)
030	BALCONS Ε.Π.Ε.	www.balcons.gr	Βιομηχανία χημικών προϊόντων	-
031	HOLLAND HELLAS LOGISTICS Α.Ε.	www.hollandhellas.gr	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	-

a/a	Επωνυμία	Ηλεκτρονική διεύθυνση	Κατηγορία δραστηριότητας	Σχολιασμός
032	DEM ATEBE	www.dem.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Εξειδικευμένες κατασκευές πρατηρίων υγρών καυσίμων και βιομηχανιών
033	STEREOTYPOS - ΠΑΝΟΥΛΑΣ ΜΕΠΕ	www.stereotypos.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	-
034	INA ΠΛΑΣΤΙΚΣ Α.Ε.	-	Βιομηχανία πλαστικών προϊόντων	Βιομηχανία πλαστικών προϊόντων
035	DECON Α.Ε.	www.decon.gr	Βιοτεχνία επίπλων και προϊόντων ξύλου	Σχεδιασμός και κατασκευή εσωτερικού πλοίων
036	ΑΓΑΘΗ ΠΕΠΠΑ & ΥΙΟΙ ΑΒΕΕ	www.apeppa.gr	Βιομηχανία τροφίμων	Αρτοποιιομηχανία
037	ΣΙΔΗΡΟΠΟΥΛΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ	-	Άλλα	Άλλα
038	ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ Π. ΣΤΑΜΑΤΟΓΙΑΝΝΗ Α. ΟΕ	-	Άλλα	Άλλα
039	ANTYMET PLUS	www.antymetplus.com	Ανακύκλωση υλικών	Ανακύκλωση μεταλλικών απορριμμάτων και υπολειμμάτων
040	ΑΝΤΩΝΙΟΥ & ΥΙΟΙ Α.Β.Ε.Ε.	www.antoniou-group.gr	Ανακύκλωση υλικών	Ανακύκλωση μεταλλικών απορριμμάτων και υπολειμμάτων
041	ΓΑΡΔΕΛΗΣ ΕΠΕ	www.gardeliscar.gr	Ανακύκλωση υλικών	Ανακύκλωση μεταλλικών απορριμμάτων και υπολειμμάτων
042	ΕΛΒΑΝ ΑΒΕΕ	www.elvan.gr	Ανακύκλωση υλικών	Ανακύκλωση μη μεταλλικών απορριμμάτων και υπολειμμάτων
043	ΚΑΤΑΛ-ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ Α.Ε.	www.katal.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Αλουμινοκατασκευές
044	Druckfarben Hellas Α.Ε.Β.Ε.	www.druckfarben.gr	Βιομηχανία χημικών προϊόντων	Παραγωγή μελανιών, χρωμάτων
045	ΑΣΦΑΛΤΕΡ Α.Ε.	-	Βιομηχανία δομικών υλικών	Βιομηχανία δομικών υλικών
046	ΓΕΩΡΓΙΟΥ Α. & ΣΙΑ Ε.Ε.	-	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων
047	ASCO Α.Ε.	www.asco.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Παραγωγή και διάθεση βιομηχανικών σχαρών και ειδικών μεταλλικών κατασκευών από χάλυβα
048	AD PALLETS (Διρχαλίδης Αντώνιος Γ.)	www.adpallets.gr	Βιοτεχνία επίπλων και προϊόντων ξύλου	Παραγωγή και εμπορία προϊόντων συσκευασίας - Παλέτες
049	ΑΔΑΜΑΣΚΟ ΕΠΕ	www.adamasco.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Σύρματα και τελικά συρματοουργικά προϊόντα
050	DURANAULT Α.&Γ. Κορωνιός Ο.Ε.	-	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Παραγωγή και κατασκευή εξοπλισμού ασφάλειας
051	STAR PRINT ΕΚΔΟΤΙΚΗ ΕΚΤΥΠΩΤΙΚΗ Α.Ε.	www.starprint.gr	Βιομηχανία εκδόσεων, εκτυπώσεων και αναπαραγωγή προεγγεγραμμένων μέσων εγγραφής	-
052	ΚΟΥΣΙΣΗΣ Κ. ΑΕΒΕ	-	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	-
053	ΜΟΥΖΑΚΙΤΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ	-	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Κατασκευή και εμπορία μεταλλικών εξαρτημάτων και συσκευών
054	ΜΩΚΟΥ ΕΥΤΥΧΙΑ & ΣΙΑ Ο.Ε.	www.mokou.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Ηλεκτροστατικές βαφές αλουμινίου -σιδήρου, ειδικές επεξεργασίες - αμβολή
055	ΣΟΦΙΑΝΟΣ Μ. & ΣΙΑ Ο.Ε.	www.venusinox.biz	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Βιοτεχνία και εμπόριο μαγειρικών σκευών
056	ΕΡΓΟΝ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΑΙ ΕΠΕ	www.ergonbatteries.gr	Βιομηχανία ηλεκτρονικών ειδών	Κατασκευή ηλεκτρικών συσκευών και εξοπλισμού
057	ΓΕΩ ΕΠΕ	-	Βιομηχανία τροφίμων	Επεξεργασία και συντήρηση φρούτων και λαχανικών
058	ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ	-	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	-
059	ΤΟΜΠΡΑΣ ΛΕΩΝΙΔΑΣ	-	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	-
060	ΓΡΙΑΓΓΕΛΟΥ ΑΦΟΙ Ο.Ε.	-	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Μηχανουργεία & Ηλεκτρομηχανουργεία
061	ΑΘΑΝΑΣΟΥΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ & ΣΙΑ Ο.Ε.	-	Βιοτεχνία επίπλων και προϊόντων ξύλου	Βιοτεχνία επίπλων

a/a	Επωνυμία	Ηλεκτρονική διεύθυνση	Κατηγορία δραστηριότητας	Σχολιασμός
062	ΑΘΗΝΑΙΑ ΚΟΥΛΟΥΛΙΑΣ ΕΠΕ	www.athinaia-kouloulia.gr	Βιομηχανία τροφίμων	Βιομηχανία μεταποίησης τροφίμων
063	ΜΗΝΑΣ ΣΙΓΓΑΛΑΣ	-	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	-
064	ΗΛΙΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ	-	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Επισκευή χωματουργικών μηχανημάτων
065	ΓΕΩΡΓΑΚΟΠΟΥΛΟΙ ΑΦΟΙ Μ. Ο.Ε.	-	Εμπόριο	Εμπόριο (αποθηκευτικοί χώροι ή γραφεία)
066	ΑΛΕΒΙΖΑΚΗΣ ΜΥΡΩΝ	-	Βιομηχανία εκδόσεων, εκτυπώσεων και αναπαραγωγή προεγγεγραμμένων μέσων εγγραφής	Κυκλοποιία, εκτυπώσεις
067	GRANTEX A.E.	www.grantex.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Ανταλλακτικά για ελαφριά ή βαρέα οχήματα
068	ΣΕΙΜΑΝΙΔΗΣ Ι. & ΣΙΑ Ο.Ε.	-	Εταιρία διακίνησης ή εμπορίας προϊόντων πετρελαίου	Πρατήριο υγρών καυσίμων
069	ΜΥΤΙΛΗΝΑΙΟΣ Α.Ε.	www.mytilineos.gr	Εμπόριο	Εμπόριο (αποθηκευτικοί χώροι ή γραφεία)
070	ΒΟΡΔΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ	-	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Κατασκευή αμαξωμάτων και υδραυλικών ανατροπών
071	ΟΞΑΛ ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ Γ. & ΣΙΑ Ε.Ε.	www.oxal.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Ανοδίωση αλουμινίου
072	ΑΝΔΡΙΚΟΠΟΥΛΟΣ Δ. & ΣΙΑ Ο.Ε.	-	Βιομηχανία πλαστικών προϊόντων	Βιομηχανία πλαστικών προϊόντων
073	EUROPEAN DOORS ΕΠΕ 1	www.europeandoors.gr	Εμπόριο	Εκθεση
074	EUROPEAN DOORS ΕΠΕ 2	www.europeandoors.gr	Βιοτεχνία επίπλων και προϊόντων ξύλου	Εργοστάσιο
075	ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗΣ ΠΑΣΧΑΛΗΣ & ΣΙΑ Ε.Ε.	-	Εταιρία διακίνησης ή εμπορίας προϊόντων πετρελαίου	Πρατήριο υγρών καυσίμων
076	ΑΤΟΜ DYNAMIC Α.Ε.	www.atodynamic.gr	Παροχή εξειδικευμένων υπηρεσιών	Εργαστήρια
077	TENOR ΛΥΡΑΚΗΣ ΕΠΕ	www.lyrakistrucks.gr	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων
078	ΛΑΦΟΓΙΑΝΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ	www.lafogiannisbmw.gr	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων
079	ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΣ & ΥΙΟΙ Α.Ε.-ELITON	www.eliton.gr	Βιοτεχνία επίπλων και προϊόντων ξύλου	Εργοστάσιο
080	ΜΙΧΑΛΟΠΟΥΛΟΣ Γ. & ΣΙΑ Ε.Ε.	-	Βιομηχανία πλαστικών προϊόντων	Βιομηχανία πλαστικών προϊόντων
081	ΠΡΟΟΔΟΣ Α.Ε.	www.homeonline.gr/proodos/etaireia.htm	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	Αποθηκευτικοί χώροι
082	ΦΙΛΟΠΟΥΛΟΣ Π. & ΣΙΑ Ο.Ε.	www.filosafe.gr	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Βιοτεχνία ειδών φορητών αυτοκινήτων
083	ΣΤΑΡΕΝΙΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ	-	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Ψυγεία αυτοκινήτων
084	ΒΙΟΡΑΛ ΑΒΕΕ	www.vioral.com	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Βιομηχανία παραγωγής και επεξεργασίας αλουμινίου
085	ΕΒΥΛ & GRINOX Α.Ε.Β.Ε.	www.grinox.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Ανοξείδωτες αρχιτεκτονικές κατασκευές
086	ΑΛΜΕ ΑΒΕΕ	www.alme.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Βιομηχανία μεταλλικών κατασκευών
087	ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ & ΥΙΟΣ ΑΕΒΕ	www.proteuslaundry.gr	Παροχή εξειδικευμένων υπηρεσιών	Βιομηχανικά πλυντήρια
088	ΤΖΑΒΕΛΛΑ ΑΦΟΙ & ΥΙΟΙ Ε.Ε.	http://tzavellas.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Παραγωγή και εμπορία φυγοκεντρικών απορροφητήρων και ανοξείδωτων κατασκευών.
089	ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ	-	Βιοτεχνία επίπλων και προϊόντων ξύλου	Βιοτεχνία επίπλων
090	ΜΠΗΤΡΟΣ ΣΥΜΜΕΤΟΧΙΚΗ Α.Ε.	www.bitros.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Μονάδες εμπορίας, επεξεργασίας και μεταποίησης προϊόντων σιδήρου και χάλυβα
091	ΒΙΟΨΗΚΤΡ - Β.ΤΟΚΜΑΚΙΔΗΣ	www.viopsyctr.com	Βιομηχανία πλαστικών προϊόντων	Βιομηχανία πλαστικών προϊόντων
092	MEGAPART Α.Ε.	www.megapart.gr	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων

a/a	Επωνυμία	Ηλεκτρονική διεύθυνση	Κατηγορία δραστηριότητας	Σχολιασμός
093	ΜΑΡΜΑΡΑ ΝΑΞΟΥ - ΑΦΟΙ Π. ΛΟΓΙΩΤΑΤΟΥ Α.Ε.Β.Ε.	www.naxos-marble.com	Βιομηχανία δομικών υλικών	Βιομηχανία λατόμησης μαρμάρων
094	ΓΚΙΟΚΑΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ ΚΑΙ ΣΙΑ Ο.Ε.	-	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων
095	STATHIS-ΝΤΟΥΝΑΣ ΘΕΟΧΑΡΗΣ & ΣΙΑ Α.Β.Ε.Ε.	www.stathis.com.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Ψυκτικά Μηχανήματα, Αμαξώματα, Ψυγεία & Εξαρτήματα Αυτοκινήτων
096	ΚΑΤΣΙΡΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	-	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Βιομηχανία Μεταλλικών Κατασκευών
097	POLYRECON Ε.Π.Ε.	www.polyrecon.gr	Βιομηχανία πλαστικών προϊόντων	Βιομηχανία πλαστικών προϊόντων
098	ΒΛΑΝΤΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ & ΥΙΟΙ Ε.Π.Ε.	-	Βιοτεχνία επίπλων και προϊόντων ξύλου	Βιοτεχνία επίπλων
099	DESIGN PERGOLA Α.Ε.	www.design-pergola.com	Βιοτεχνία επίπλων και προϊόντων ξύλου	Εργοστάσιο επεξεργασίας ξυλείας
100	ΡΗΓΑΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ & ΥΙΟΣ Ο.Ε.	-	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων
101	ΚΑΡΑΓΚΟΥΛΕΣ ΑΝΔΡΕΑΣ	-	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Βιομηχανία και εμπόριο συστημάτων αλουμινίου
102	ΓΙΑΝΝΟΥΣΙΑΔΗΣ ΤΑΣΟΣ Α.Ε.Β.Ε.	www.giannousiadis.gr	Βιοτεχνία επίπλων και προϊόντων ξύλου	Βιοτεχνία επίπλων
103	ΠΑΠΠΑΣ ΑΝΔΡΕΑΣ	-	Εταιρία διακίνησης ή εμπορίας προϊόντων πετρελαίου	Πρατήριο υγρών καυσίμων
104	ΚΟΥΚΟΣ ΜΑΡΙΝΟΣ	-	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων
105	ΑΦΟΙ ΤΡΙΓΩΝΗ Α.Ε.Β.Τ.Ε.	www.trigonis.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Επεξεργασία και εμπορία σιδήρου και χάλυβα
106	HYDRO BUILDING SYSTEMS	www.hydro.com	Εμπόριο	Εμπόριο συστημάτων αλουμινίου
107	ΣΦΑΚΙΑΝΑΚΗΣ Α.Ε.Β.Ε.	www.mantruckandbus.gr	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Επίσημος διανομέας και επισκευαστής των φορτηγών και λεωφορείων MAN .
108	HEMPEL HELLAS - ΧΕΜΠΕΛ ΕΠΙΧΡΩΣΕΙΣ ΕΛΛΑΣ Α.Ε.Β.Ε.	www.hempel.gr	Εμπόριο	Εμπόριο (αποθηκευτικοί χώροι ή γραφεία)
109	ΤΕΧΝΟΣΗΠ ΔΟΜΒΡΟΣ Α. Ε.Π.Ε.	www.technoship.gr	Κατασκευή ναυτιλιακών ειδών	Εμπόριο και επισκευές, ναυτιλιακών, σωστικών, πυροσβεστικών ειδών
110	ΧΡΥΣΑΦΗΣ Α.Ε.Β.Ε.	-	Εμπόριο	Εμπόριο ανυψωτικών μηχανημάτων
111	ΑΛΦΑ ΧΗΜΙΚΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ Α.Ε.	www.alphachem.gr	Βιομηχανία χημικών προϊόντων	Βελτιωτικά καύσης, καθαριστικά, χημικά συντήρησης και ειδικά χημικά. Χημικοί καθαρισμοί. Εργαστηριακές αναλύσεις
112	ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Κ. - ΤΣΟΤΡΑΣ Ι. Α.Ε.	-	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων
113	ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΑΦΟΙ Ο.Ε.	-	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων
114	ΧΡΩΜΕΤΑΛ Ε.Π.Ε.	www.xrometal.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Βαφές αλουμινίου
115	ΚΡΑΦΤ ΦΟΥΝΤΣ ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	www.kraftfoods.gr	Βιομηχανία τροφίμων	Βιομηχανία μεταποίησης τροφίμων
116	ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ	-	Παροχή υπηρεσιών	Μονωτικές και στεγανωτικές εργασίες
117	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Χ. - ΠΑΝΟΥΣΗΣ Ε. Ο.Ε.	-	Βιομηχανία πλαστικών προϊόντων	Βιομηχανία πλαστικών προϊόντων
118	EXPRESS SERVICE Α.Ε.Ε.	www.expressservice.gr	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων
119	ΤΣΙΧΛΑΣ ΜΑΤΘΑΙΟΣ	-	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων
120	EUROINOX ΓΑΒΑΛΑΣ Ν. - ΒΛΑΧΟΣ Ι. & ΣΙΑ Ο.Ε.	www.euroinox.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Βιομηχανικές ανοξείδωτες κατασκευές
121	ΗΛΙΟΑΚΜΗ Α.Ε.	www.helioakmi.com	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Κατασκευή, εμπορία και εξαγωγή ηλιακών συλλεκτών, μπόιλερ και συστήματα βεβαιασμένης κυκλοφορίας
122	ΤΣΙΛΙΚΟΠΟΥΛΟΙ ΑΦΟΙ Ο.Ε. "Β.Η.Η.Κ."	-	Βιομηχανία ηλεκτρονικών ειδών	Βιοτεχνία Ηλεκτρολογικού Υλικού

a/a	Επωνυμία	Ηλεκτρονική διεύθυνση	Κατηγορία δραστηριότητας	Σχολιασμός
123	ΕΥΡΩΤΕΧΝΙΚΗ SCANIA - Ι. ΒΟΥΣΒΟΥΚΗΣ - Γ. ΓΑΒΡΙΗΛ - Ε. ΜΟΥΤΖΟΥΡΗΣ Ο.Ε.	-	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων
124	ΧΡΙΣΤΟΦΟΡΙΔΗΣ Γ. Α.Ε.	www.christoforidis.gr	Εμπόριο	Εμπόριο (αποθηκευτικοί χώροι ή γραφεία)
125	ΜΑΥΡΟΓΙΑΝΝΗΣ Ε. & ΣΙΑ Ε.Ε.	www.gmavrogiannis.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Κατασκευή καλουπιών, βιομηχανικών εξαρτημάτων
126	Ρ.Α.Κ. ΣΒΟΡΩΝΟΣ Α.Ε.	www.rak-svoronos.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Αυτοματισμοί - γκαραζόπορτες - μοτέρ
127	DRAGPRESS ΕΚΤΥΠΩΤΙΚΗ Α.Ε.	-	Βιομηχανία εκδόσεων, εκτυπώσεων και αναπαραγωγή προεγγεγραμμένων μέσων εγγραφής	-
128	INTERTECH Α.Ε.	www.intertech.gr	Εμπόριο	Αποθηκευτικοί χώροι ηλεκτρονικών ειδών
129	ΠΑΛΤΟΓΛΟΥ Ν. ΠΛΑΣΤΙΚΑ Α.Β.Ε.Ε.	www.homeplast.gr	Βιομηχανία πλαστικών προϊόντων	Βιομηχανία πλαστικών προϊόντων
130	ΤΕΧΝΟΚΑΤ ΔΕΛΑΠΟΡΤΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ	-	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων
131	ΤΕΧΛΕΜΕΤΖΗΣ ΓΡΗΓ. & ΣΙΑ Ο.Ε INTERSAPO	www.intersapo.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Μεταλλικά ράφια και συστήματα αποθήκευσης, Εργοστάσιο
132	ΜΥΛΟΙ ΚΡΗΤΗΣ Α.Ε.	www.mills.gr	Βιομηχανία τροφίμων	Παραγωγή προϊόντων αλευρομύλων
133	ΠΕΚΕΦΑ Ε.Π.Ε.	-	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων
134	ΜΙΧΑΛΑΚΕΛΗ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	-	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων
135	UNIT HELLAS Α.Ε.	www.unit-hellas.gr	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	Αποθηκευτικοί χώροι
136	ΜΑΦΟΥΤΣΗΣ ΑΝΑΡΓΥΡΟΣ	-	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων
137	ΚΑΨΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	-	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Εμπορία και επισκευές χωματουργικών οχημάτων
138	ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΔΙΑΤΡΗΤΑ Ε.Π.Ε.	www.diatrita.gr/	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Εμπορία και επεξεργασία αλουμινίου, σιδήρου και εξαρτημάτων, εργαλείων και μηχανημάτων κατεργασίας.
139	SEALAGON ΧΑΤΖΗΜΑΡΚΟΥ ΑΝΘΟΥΛΑ	-	Βιομηχανία δομικών υλικών	Υποκατάστατο ασβέστη, εμπορία και επεξεργασία ορυκτών
140	TECHNAVA Α.Ε.	www.technavia.gr	Κατασκευή ναυτιλιακών ειδών	Ναυτιλιακά είδη - εξοπλισμός πλοίων
141	ΦΙΛΙΠΠΟΠΟΥΛΟΣ ΓΙΩΡΓΟΣ	-	Ανακύκλωση υλικών	Ανακύκλωση μεταλλικών απορριμμάτων και υπολειμμάτων
142	ERMICON ΑΦΟΙ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗ Ο.Ε.	www.ermicon.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Δεξαμενές ψύξης γάλακτος, βυτία, δεξαμενές αποθήκευσης, εμπορία
143	ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Α.Β.Ε.Ε.	-	Εμπόριο	Εμπορική εταιρεία φωτεινών επιγραφών πλαστικών φύλλων, μεταλλικών οικοδομικών και μη προϊόντων
144	ΚΕΔΡΟΣ "Π. ΑΛΜΠΕΡΤΗΣ - ΑΦΟΙ ΑΡΜΕΝΙΑΚΟΥ Ο.Ε."	http://kedrosfurniture.gr	Βιοτεχνία επίπλων και προϊόντων ξύλου	Βιοτεχνία επίπλων
145	ΞΥΛΟΠΛΑΣΤ Α.Β.Ε.Ε.	-	Βιοτεχνία επίπλων και προϊόντων ξύλου	Βιοτεχνία επίπλων
146	FASO PLAST Α.Β.Ε.Ε.	www.fasoplast.gr	Βιομηχανία πλαστικών προϊόντων	Βιομηχανία πλαστικών προϊόντων
147	ALKITEX TRANSIMPEX Ε.Π.Ε.	www.alkitex.gr	Βιομηχανία χημικών προϊόντων	Εργοστάσιο ρητίνων
148	Motordrome TDM	www.motordrome.gr	Βιομηχανία πλαστικών προϊόντων	Κατασκευή και εμπορία ανταλλακτικών, σπόιλερ, αεροτομών αυτοκινήτων
149	ΠΑΡΑΒΑΛΟΥ Μ. ΥΙΟΙ Ο.Ε.	www.paravalos.com	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Κατασκευή μεταλλικών δεξαμενών αεροφυλακίων, ειδών λεβητοποιείου, ειδικών μηχανολογικών κατασκευών από χάλυβα, ανοξείδωτο, αλουμίνιο, χαλκό κ.α.



a/a	Επωνυμία	Ηλεκτρονική διεύθυνση	Κατηγορία δραστηριότητας	Σχολιασμός
150	ΟΜΙΛΟΣ ΕΥΡΩΠΗ ΒΟΤΣΑΡΗΣ Α.Ε.	www.votsarisgroup.gr	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	Υπηρεσίες μεταφορών
151	MONOLITH ATHENS ΚΕΣΙΔΗΣ ΧΡ. & ΣΙΑ Ο.Ε.	www.kesidis.com	Εμπόριο	Εμπόριο (αποθηκευτικοί χώροι ή γραφεία)
152	D.S.S. - ΤΣΟΥΧΝΙΚΑ ΖΩΗ & ΣΙΑ Ε.Ε.	-	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	Εγκαταστάσεις αποθήκευσης
153	EUROCARGO HELLAS Ε.Π.Ε.	www.eurocargo.gr	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	Αποθηκευτικοί χώροι
154	ΒΙΑΚΑΡ Α.Ε.	www.viacar.gr	Εμπόριο	Εμπόριο (αποθηκευτικοί χώροι ή γραφεία)
155	ΝΕΡΟΥΤΣΟΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣ	-	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Κατασκευή μεταλλικών σωλήνων και εμπορευματοκιβωτίων για μεταφορά εύφλεκτων υλικών. Λεβητοποιό
156	ΜΕΤΑΛ ΦΕΡ Α.Ε.	www.metalfer.gr	Ανακύκλωση υλικών	Ανακύκλωση μεταλλικών απορριμμάτων και υπολειμμάτων
157	KIMET ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε.	-	Ανακύκλωση υλικών	Βιομηχανία επεξεργασίας απορριμμάτων πολύτιμων λίθων. Ανακύκλωση πολύτιμων μετάλλων
158	HELLENIC PLASTIC S.A.	www.hellenicplastic.com	Βιομηχανία χαρτιού	Βιομηχανία παραγωγής χαρτιού και προϊόντων από χαρτί
159	FOODLINK Α.Ε.	www.foodlink.gr	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	Υπηρεσίες Third Party Logistics. Χώροι αποθήκευσης ξηρού φορτίου, ελεγχόμενης θερμοκρασίας, ψυγεία και κατάψυξης.
160	Φ.ΛΑΒΔΑΣ Α.Ε.	www.lavdas.gr	Βιομηχανία τροφίμων	Καραμελοποιία
161	ΜΕΒΓΑΛ Α.Ε.	www.mevgal.gr	Βιομηχανία τροφίμων	Παραγωγή γαλακτομικών προϊόντων
162	ELKEDI Α.Ε.	www.elkedi.gr	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	Υπηρεσίες Logistics. Θάλαμοι Κατάψυξης / Συντήρησης.
163	ΑΕΡΟΚΡΟΥΣΤΙΚΗ Ο.Ε.	www.aerokroustiki.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Κατασκευή αερόσφυρων DTH και περιστροφικών κεφαλών αέρος.
164	MASIVA	www.masiva.gr	Βιοτεχνία επίπλων και προϊόντων ξύλου	Βιοτεχνία επίπλων
165	ΦΥΤΟΘΡΕΠΤΙΚΗ Α.Β.Ε.Ε.	www.phytothreptiki.gr	Βιομηχανία χημικών προϊόντων	Παραγωγική μονάδα υδατοδιαλυτών λιπασμάτων, μιγμάτων χημικών, ειδικών προϊόντων θρέψης, ειδικών κοκκοδών λιπασμάτων, εδαφοβελτιωτικών και οργανοχημικών λιπασμάτων
166	ΕΥΑΛ Ε.Γ. Βαλλιανάτος Α.Ε.Β.Ε.	www.eval.gr	Κατασκευή ναυτιλιακών ειδών	Εργοστάσιο κατασκευής ναυτιλιακών ειδών και σωστικών μέσων
167	FRESHWAYS Ε.Π.Ε.	www.freshways.gr	Βιομηχανία τροφίμων	Βιομηχανία μεταποίησης τροφίμων
168	MERCOLA Α.Ε.	www.mercola.gr	Βιομηχανία χημικών προϊόντων	Βιομηχανία οικοδομικών υλικών
169	ΠΕΤΡΟΓΚΑΖ Α.Ε.	http://corporate.butangas.com	Εταιρία διακίνησης ή εμπορίας προϊόντων πετρελαίου	Εμπόριο υγραερίου
170	ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΑ Α.Ε.	www.hellenic-petroleum.gr	Διυλιστήρια πετρελαίου	Διυλιστήρια πετρελαίου
171	POLYECO Α.Ε.	www.polyeco.gr	Ανακύκλωση υλικών	Διαχείριση και αξιοποίηση εξειδικευμένων εμπορευμάτων
172	ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΑ ΕΛΛΑΔΟΣ Α.Ε.	http://hlv.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Χαλυβουργία
173	ΧΑΛΥΨ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ Α.Ε.	www.halyps.gr	Βιομηχανία δομικών υλικών	Εργοστάσιο και κεντρικά γραφεία Τσιμέντου Χάλυψ
174	ΒΙΟΜΕΤ Ε.Π.Ε. (Πλακιάς Κωνσταντίνος Β.)	http://anakyklosi-viomet.com	Ανακύκλωση υλικών	Ανακύκλωση μεταλλικών απορριμμάτων και υπολειμμάτων
175	TELEIMPEX Α.Ε.	www.tele.gr	Εμπόριο	-
176	ΜΗΛΕΣΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ Ι. ΚΑΙ ΥΙΟΣ Α.Ε.	www.milesis.com	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	-
177	Α.Ελένης - Κ.Ανδριανόπουλος Ο.Ε.	www.elenis-andrianopoulos.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Κατασκευή και επισκευή μηχανημάτων μαρμάρων
178	NUTRIA HELLAS - ΤΣΟΛΑΚΗΣ Δ. & ΣΙΑ Ε.Ε.	-	Βιομηχανία τροφίμων	Παραγωγή άλλων ειδών διατροφής
179	Θ. ΝΙΤΣΙΑΚΟΣ Α.Β.Ε.Ε.	www.nitsiakos.gr	Βιομηχανία τροφίμων	Πτηνοτροφεία, Πτηνοπωλεία

a/a	Επωνυμία	Ηλεκτρονική διεύθυνση	Κατηγορία δραστηριότητας	Σχολιασμός
180	Μέγας Ελληνικός Παραδοσιακός Γόρος Α.Β.Ε.Ε.	www.megagyros.gr	Βιομηχανία τροφίμων	Παραγωγή και συντήρηση κρέατος και προϊόντων κρέατος
181	NANOΣ I. & ΣΙΑ Α.Ε.Β.Ε.	www.nanosaeve.gr	Βιομηχανία τροφίμων	Παραγωγή και συντήρηση κρέατος και προϊόντων κρέατος
182	DRAPA chemie	www.drapa.gr	Βιομηχανία χημικών προϊόντων	Παραγωγή χρωμάτων και άλλων προϊόντων
183	MARI - ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗ	-	Βιοτεχνία επίπλων και προϊόντων ξύλου	Βιοτεχνία επίπλων
184	DIAGEO HELLAS A.E.	www.diageo.com	Εμπόριο	-
185	Wardi A.E.	www.wardi.gr	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	Αποθηκευτικοί χώροι εξειδικευμένων εμπορευμάτων
186	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΨΥΧΟΥΣ Ε.Π.Ε.	-	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	Εμπόριο (αποθηκευτικοί χώροι ή γραφεία)
187	SAFETYKLEEN HELLAS Ε.Π.Ε.	www.safetykleeneurope.com	Παροχή εξειδικευμένων υπηρεσιών	Βιομηχανικά πλυντήρια
188	ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΠΟΥΛΟΙ ΑΦΟΙ I. A.E.	-	Εμπόριο	Εμπόριο (αποθηκευτικοί χώροι ή γραφεία)
189	ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Γ. & ΣΙΑ Ο.Ε.-StoHellas	www.stohellas.gr	Εμπόριο	Εμπόριο (αποθηκευτικοί χώροι ή γραφεία)
190	Σ. ΚΟΣΜΑΣ - Μηχανοδομή Α.Ε.	www.trucks-parts.gr	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Εμπόριο (αποθηκευτικοί χώροι ή γραφεία)
191	BRILISGAS - ΜΠΡΙΛΗΣ ΚΑΙ ΣΙΑ Ο.Ε.	www.brilisgas.gr	Εταιρία διακίνησης ή εμπορίας προϊόντων πετρελαίου	Εμπόριο (αποθηκευτικοί χώροι ή γραφεία)
192	ΠΡΑΣΣΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	-	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Εμπόριο (αποθηκευτικοί χώροι ή γραφεία)
193	ΣΙΔΜΑ Α.Ε.	www.sidma.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Επεξεργασία και κοπή λαμαρινών θερμής έλασης και επιμήκων προϊόντων
194	GALLON OIL A.E.	-	Εταιρία διακίνησης ή εμπορίας προϊόντων πετρελαίου	Σημείο ανεφοδιασμού καυσίμων
195	AVIN OIL A.E.	www.avinoil.gr	Εταιρία διακίνησης ή εμπορίας προϊόντων πετρελαίου	Σημείο ανεφοδιασμού καυσίμων
196	DRACOIL A.E.	www.dracoil.gr	Εταιρία διακίνησης ή εμπορίας προϊόντων πετρελαίου	Σημείο ανεφοδιασμού καυσίμων
197	MICA ELECTRIC HEATERS	www.mica.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Κατασκευές ηλεκτρικών αντιστάσεων - υπέρυθρα συστήματα θέρμανση
198	Metal Style O.E.	-	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Συστήματα αλουμίνιου
199	PLEXI ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ Ε.Π.Ε.	www.plexi.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Διαφημιστικές και διακοσμητικές κατασκευές
200	SAMMLER ΜΙΧΑΛΟΠΟΥΛΟΣ Β. Α.Ε.Β.Ε.	www.sammler.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Βιομηχανία και εμπόριο ηλιακών συστημάτων
201	ΕΜΕΚ Α.Ε.	www.emek.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Βιομηχανία μεταλλικών κατασκευών
202	ΔΙΑΓΚΑΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ & ΣΙΑ Ο.Ε.	-	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Μηχανουργείο
203	COSMOS GLASS Α.Β.Ε.Ε.	http://cosmosglass.com	Υαλοπίνακες	Επεξεργασία υαλοπινάκων και κατασκευή - εμπόριο - τοποθέτηση αυτόματων πορτών
204	HATZON Α.Ε.	www.hatzon.gr	Βιοτεχνία επίπλων και προϊόντων ξύλου	Βιομηχανία ξύλου και προϊόντων ξύλου
205	ΞΥΛΚΟ Α.Ε.Β.Ε.	www.xylo.gr	Βιοτεχνία επίπλων και προϊόντων ξύλου	Βιομηχανία ξύλου και προϊόντων ξύλου
206	ΠΕΤΡΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ & ΣΙΑ Ο.Ε.	-	Βιοτεχνία επίπλων και προϊόντων ξύλου	Βιομηχανία ξύλου και προϊόντων ξύλου
207	ΠΟΥΡΗ ΕΛΕΝΗ	-	Βιοτεχνία επίπλων και προϊόντων ξύλου	Βιομηχανία ξύλου και προϊόντων ξύλου
208	CAPOCCI Α.Ε.	www.capocci.com	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	Υπηρεσίες μεταφορών
209	TRASPED HELLAS Ε.Π.Ε.	www.trasped.gr	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	Υπηρεσίες μεταφορών
210	ΚΑΣΣΗΣ ΠΕΤΡΟΣ Α.Ε.	-	Εμπόριο	Εμπόριο (αποθηκευτικοί χώροι ή γραφεία)

a/a	Επωνυμία	Ηλεκτρονική διεύθυνση	Κατηγορία δραστηριότητας	Σχολιασμός
211	COLOUR UNIT A.B.E.E.	www.colourunit.gr	Βιομηχανία εκδόσεων, εκτυπώσεων και αναπαραγωγή προεγγεγραμμένων μέσων εγγραφής	Εκδοτική εταιρία
212	MENEΓΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ	-	Βιοτεχνία επίπλων και προϊόντων ξύλου	Βιομηχανία ξύλου και προϊόντων ξύλου
213	ΒΑΛΛΙΟΣ ΑΝΑΡΓΥΡΟΣ	-	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων
214	HB BODY A.B.E.E.	www.hbbody.com	Εμπόριο	Αποθηκευτικοί χώροι βιομηχανίας χρωμάτων
215	ΑΛΦΑ ΚΑΠΑ - ΚΟΥΝΤΟΥΡΙΩΤΗΣ Σ. Θ. & ΣΙΑ Ο.Ε.	www.kountouriotis.gr	Βιομηχανία πλαστικών προϊόντων	Κατασκευή πλαστικών ειδών συσκευασίας
216	ΑΛΜΑΤΡΑΝΣ Α.Ε.	www.almatrans.gr	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	Υπηρεσίες μεταφορών
217	ΚΑΡΤΕΡΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ	-	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων
218	ΓΕΜΕΚΑΤ - ΓΕΩΡΓΑΛΗΣ ΑΝΑΡΓΥΡΟΣ	-	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	-
219	ART METAL-ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ	www.artmetal.com.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	-
220	ΣΟΥΛΙΩΤΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ ΚΑΙ ΥΙΟΙ Α.Β.Ε.Ε.	www.extruder-plast.com	Βιομηχανία πλαστικών προϊόντων	-
221	ATHENS STAR LOGISTICS	www.athensstarlogistics.com	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	-
222	ΚΡΙ ΚΡΙ Α.Ε.	www.krikri.gr	Βιομηχανία τροφίμων	Γαλακτοβιομηχανία
223	ALPHA GREEN A.B.E.E.	www.alphagreen.gr	Ανακύκλωση υλικών	Εταιρία συλλογής, μεταφοράς, μεταφόρτωσης και διάθεσης απορριμμάτων.
224	ΑΒΕΤΕΛ Α.Ε.	www.avetel.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Διαφημιστικές και διακοσμητικές κατασκευές
225	ΚΟΝΕΤΑΛ Ε.Π.Ε.	-	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Αλουμινοκατασκευές
226	LABEL 4 EXPERT	http://label4expert.blogspot.com	Βιομηχανία εκδόσεων, εκτυπώσεων και αναπαραγωγή προεγγεγραμμένων μέσων εγγραφής	Εκδοτική εταιρία
227	ΑΛΜΕΚΟ Α.Ε.	-	Βιομηχανία χαρτιού	Κατασκευή και εμπορίου χαρτιού και χαρτονιών
228	ΤΣΙΡΟΓΙΑΝΝΗΣ ΣΟΥΛΙΩΤΗΣ Ο.Ε.	-	Βιοτεχνία επίπλων και προϊόντων ξύλου	Βιοτεχνία επίπλων
229	ΠΕΙΡΟΥΝΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ	-	Ανακύκλωση υλικών	Ανακύκλωση μεταλλικών απορριμμάτων και υπολειμμάτων
230	ΝΕΤΟΙΛ Α.Ε.	www.netoil.gr	Εταιρία διακίνησης ή εμπορίας προϊόντων πετρελαίου	Εμπόριο (αποθηκευτικοί χώροι ή γραφεία)
231	ΕΡΓΟΜΟΝΩΤΙΚΗ	www.ergomonotiki.gr	Εμπόριο	Εμπόριο (αποθηκευτικοί χώροι ή γραφεία)
232	ΚΑΝΤΙΩΤΗΣ ΛΕΥΤΕΡΗΣ	-	Εμπόριο	Εμπόριο (αποθηκευτικοί χώροι ή γραφεία)
233	ΜΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ	-	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Αλουμινοκατασκευές
234	ΦΑΡΜΑ ΔΙΑΝΟΜΩΝ - ΔΑΧΡΕΤΖΗΣ ΗΛΙΑΣ	-	Εμπόριο	Χονδρικό εμπόριο γαλακτοκομικών και τυποποιημένων ζαχαρωδών προϊόντων
235	ΚΥΜΑΤΟΣΩΜΑ Ε.Π.Ε.	-	Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα. Εμπόριο επαγγελματικών ηλεκτρικών μηχανημάτων, άλλων ηλεκτρικών συσκευών και υλικών επαγγελματικής ή οικιακής χρήσης
236	ALPI DORIKI Ε.Π.Ε.	-	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	Υπηρεσίες μεταφορών
237	ΤΣΙΛΙΜΠΑΡΗΣ ΣΠΥΡΟΣ & ΣΙΑ Ε.Ε.	www.tsilimbaris.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Ψυκτικά Μηχανήματα, Αμαξώματα, Ψυγεία & Εξαρτήματα Αυτοκινήτων

a/a	Επωνυμία	Ηλεκτρονική διεύθυνση	Κατηγορία δραστηριότητας	Σχολιασμός
238	ΚΕΝΤΡΟ ΧΑΛΥΒΩΝ Α.Ε.	www.steelcenter.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Εισαγωγή και εμπορία χαλύβων, κατασκευές
239	ΑΦΟΙ.Κ.ΧΑΪΝΑ Ε.Ε.	www.greekvinegar.com	Βιομηχανία τροφίμων	Οξοποιία
240	SANCO Α.Ε.	www.sanco-sa.gr	Κατασκευή ναυτιλιακών ειδών	Ναυτιλιακά είδη - εξοπλισμός πλοίων
241	ΒΙΟΜΕΤΑΛΟΥΜΙΝ	www.viometaloumin.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων
242	Στρατόπεδο "Ξηρογιάννη"	-	Εταιρία διακίνησης ή εμπορίας προϊόντων πετρελαίου	Σημείο ανεφοδιασμού καυσίμων
243	ΕΛΙΝΟΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΩΝ ΑΕ	www.elin.gr	Εταιρία διακίνησης ή εμπορίας προϊόντων πετρελαίου	Σημείο ανεφοδιασμού καυσίμων
244	ΡΑΙΚΟΣ Α.Ε.	www.raikos.gr	Βιομηχανία δομικών υλικών	Παραγωγή οικοδομικού ασβέστη, ασβεστοπολτού και ασβέστη για γεωργική χρήση
245	ΔΕΒΕΤΖΟΓΛΟΥ Β. Α. ΑΒΕΕ	www.devetzoglougrougroup.gr	Βιομηχανία δομικών υλικών	Βιομηχανία δομικών υλικών
246	ΤΣΙΡΙΓΩΤΗΣ ΑΔ. & ΑΝ. Α.Ε.	-	Βιομηχανία δομικών υλικών	Βιομηχανία δομικών υλικών
247	ΔΕΣΠΟΤΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ	-	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	-
248	SP LOGISTICS Ε.Π.Ε.	-	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	-
249	ΑΦΟΙ Γ. ΜΑΡΙΝΗ Ο.Ε.Β.Ε.	www.marinis-bros.gr	Βιομηχανία δομικών υλικών	Βιομηχανία λατόμησης μαρμάρων, όνυχα, γρανίτη
250	Κέντρο Υπερυψηλής Τάσης (ΚΥΤ) Κουμουνδούρου	www.dei.gr	Άλλα	-
251	ΜΠΟΡΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ	-	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	-
252	CORUS-ΚΑΛΠΙΝΗΣ-ΣΙΜΟΣ Α.Β.Ε.Ε.	www.corus-kalpinis-simos.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Παραγωγή οικοδομικών υλικών από χάλυβα
253	ΚΡΗΤΙΚΟΣ	-	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	-
254	EUROFRIGO XIDUS LOGISTICS Α.Ε.	-	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	-
255	EL GAZ Α.Ε.	www.elgaz.gr	Εταιρία διακίνησης ή εμπορίας προϊόντων πετρελαίου	Εμπόριο υγραερίου
256	Νίκας Γρηγόριος Π.	-	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	-
257	ΤΕΛΕΣΤΑΡ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ Ε.Π.Ε.	-	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	-
258	Χ.Υ.Τ.Α. Φυλής	-	Άλλα	-
259	ΑΣΦΑΛΤΟΠΑΝ Α.Β.Ε.Τ.Ε.	http://asfaltopan.gr	Βιομηχανία χημικών προϊόντων	-
260	Η ΕΝΩΣΗ ΧΡ. ΔΟΥΚΕΡΗ	www.doukeri.gr	Βιομηχανία δομικών υλικών	-
261	ADVICE LTD	-	Παροχή εξειδικευμένων υπηρεσιών	Υπηρεσίες καθαρισμού δεξαμενών (εργοστάσιων, πλοίων κλπ). Εμπόριο
262	ΓΕΩΡΓΙΤΣΟΠΟΥΛΟΙ ΑΦΟΙ ΟΕ - ΣΕΜΕΝΤ ΠΛΑΚ	www.sementplak.gr	Βιομηχανία δομικών υλικών	Τσιμεντοπροϊόντα, πλακοβιομηχανία
263	ISOTHERM ΑΒΕΕ	www.isotherm.gr	Υαλοπίνακες	Επεξεργασία υαλοπινάκων και κατασκευή - Εμπόριο - τοποθέτηση αυτόματων πορτών
264	INOX STYLE ΙΩΑΝΝΗΣ Θ. ΚΥΡΙΑΚΟΥ	www.inoxstyle.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Ανοξείδωτες βιομηχανικές κατασκευές
265	ΤΖΑΚΙΑ ΦΛΟΓΑ Ε.Π.Ε.	www.tzakiafloga.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Τζάκια
266	ΦΡΑΚΑΠΟΡ LOGISTICS HELLAS Α.Ε.	www.frapapor.gr	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	-
267	FG LOGISTICS ΑΕ	www.fgeurope.gr	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	-
268	NOE Α.Ε.	www.noegr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Κατασκευαστική εταιρία μεταλλικών κατασκευών
269	Σ. ΚΥΖΙΡΙΔΗΣ ΑΕ	www.kyziridis.gr	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	-
270	ΣΤΟΥΡΝΑΡΑΣ ΕΠΕ	www.sstournaras.gr	Ανακύκλωση υλικών	Ανακύκλωση μεταλλικών απορριμμάτων και υπολειμμάτων
271	ΤΖΙΚΑΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΕΠΕ	www.vtzikas.gr	Βιοτεχνία επίπλων και προϊόντων ξύλου	-

a/a	Επωνυμία	Ηλεκτρονική διεύθυνση	Κατηγορία δραστηριότητας	Σχολιασμός
272	ΤΣΟΓΚΑΣ GR ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ Α.Ε.	-	Βιομηχανία δομικών υλικών	-
273	Δ. ΓΕΡΑΛΗΣ ΚΑΙ ΣΙΑ ΕΕ	-	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	-
274	POWER TRUCK	www.powertruck.gr	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	-
275	ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΥΨΩΤΙΚΗ ΑΕ	www.genan.gr	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	-
276	BAS A.B.E.E.	www.bas.gr	Κατασκευή ναυτιλιακών ειδών	-
277	Κέντρο Διανομής Φυσικού Αερίου-Γιαννούλα	-	Εταιρία διακίνησης ή εμπορίας προϊόντων πετρελαίου	-
278	ΑΛΤΡΟΔΙΑΝΟΜΕΣ ΕΠΕ	www.altro.com.gr	Εμπόριο	Εμπόριο τροφίμων
279	Universal Scrap Metals A.E.- U.S.M.	-	Ανακύκλωση υλικών	Επεξεργασία, εμπορία και διαχείριση σιδηρούχων και μη σιδηρούχων μετάλλων
280	ΜΟΥΣΑΜΑΔΕΣ ΧΑΡΗΣ	www.mousamadesxaris.gr	Βιοτεχνία υφασμάτων	Μουσαμάδες, επιγραφές
281	CYCLON - ΠΑΠΑΔΗΜΑΣ ΠΑΝΤΕΛΗΣ ΚΑΙ ΣΙΑ ΕΕ	www.cyclon.gr	Εταιρία διακίνησης ή εμπορίας προϊόντων πετρελαίου	-
282	MARTINOS	www.martinos.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Αλουμινοκατασκευές
283	ΟΠΤΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΔΙΑΦΗΜΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕ	http://optiki.gr	Βιομηχανία πλαστικών προϊόντων	Κατασκευή επιγραφών. Επένδυση κτιρίων
284	ΛΑΚΙΩΤΗΣ Α.Ε.	www.lakiotis.gr	Εμπόριο	Εμπόριο αδόν υγιεινής
285	PRIMEWAY Α.Ε.	www.primeway.gr	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	-
286	ΑΦΟΙ ΧΡΗΣΤΟΥ & ΣΙΑ ΟΕ	www.technomould.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	-
287	Α.ΡΑΥΤΟΠΟΥΛΟΣ ΑΒΕΕ	http://portal.raftopoulos.eu	Βιομηχανία χαρτιού	-
288	VALME-ΤΖΕΛΕΠΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ ΚΑΙ ΣΙΑ ΟΕ	-	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Εργοστάσιο αλουμινίου
289	ΜΠΟΥΖΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ & ΣΙΑ	www.bouzasarmy.gr	Εμπόριο, συντήρηση και επισκευή οχημάτων	Εμπόριο παλαιών σιδήρων, ανταλλακτικών αυτοκινήτων
290	ΝΙΚΑΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ Γ.	-	Ανακύκλωση υλικών	Ανακύκλωση μεταλλικών απορριμμάτων και υπολειμμάτων
291	ΤΕΧΝΙΜΑΡ ΕΠΕ	-	Εμπόριο	Χονδρικό εμπόριο χρωμάτων και οικοδομικών υλικών
292	PORTA ΕΠΕ	-	Βιομηχανία ξύλου και προϊόντων ξύλου	Εισαγωγή και Εμπορία Ξύλινων Κουφωμάτων
293	MENTZOS ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	www.alouminia-mentzodimitris.4ty.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Αλουμινοκατασκευές
294	ΠΡΙΜΑΓΚΑΣ ΑΒΕΕ	www.primagas.gr	Εταιρία διακίνησης ή εμπορίας προϊόντων πετρελαίου	-
295	G.C.A. group	-	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Αλουμινοκατασκευές
296	HCT ΑΕ-Hellenic Container Transport	www.hct.gr	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	-
297	ΒΙΟΣΠΕ	www.viospe.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Μεταλλικά ράφια και συστήματα προβολής εμπορευμάτων
298	INTERAF	www.interaf.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Μεταλλικά ράφια και συστήματα προβολής εμπορευμάτων
299	ΗΝΩΜΕΝΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΕΠΕ	-	Ναυπηγικές εργασίες	Ναυπηγικές εργασίες
300	STAND S.B.G.	www.standsbg.gr	Βιομηχανία δομικών υλικών	Βιομηχανία λατόμησης μαρμάρων
301	ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΠΕ	www.dynamiki.com	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Κατασκευή μηχανημάτων αμμοβολής, κ.α.
302	ΥΔΡΟΦΛΕΞ ΑΒΕΕ	www.hydroflex.com.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Παραγωγή και εμπορία υδραυλικών ειδών
303	ΚΟΝΤΟΒΕΡΟΣ ΑΕ	www.kontoveros.gr	Βιομηχανία τροφίμων	-
304	ARVECON-ΑΦΟΙ Γ ΑΡΒΑΝΙΤΗ ΟΕ	www.arvecon.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Κατασκευή και εμπόριο δομικών μηχανημάτων
305	TRANMEX-N. Τρανουλίδης & Υιοί Ε.Ε.	www.tranmex.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Αλουμινοκατασκευές

a/a	Επωνυμία	Ηλεκτρονική διεύθυνση	Κατηγορία δραστηριότητας	Σχολιασμός
306	BP Hellas	www.bp.com/efshomepage.do?categoryId=5530	Εταιρία διακίνησης ή εμπορίας προϊόντων πετρελαίου	-
307	ALFA FROST ΑΕ	www.alfafrost.gr	Εμπόριο	-
308	SMART FRAMES ΕΠΕ	www.smartframes.gr	Εμπόριο	-
309	CONTLIFT ΕΠΕ	www.contlift.gr	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	-
310	MEVACO ΑΕ	www.mevaco.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	-
311	Zefyros Logistics	www.zefyros-logistics.gr	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	-
312	ARSON HELLAS ΕΠΕ	www.arson.gr	Εμπόριο	-
313	TSD LOGISTICS ΕΠΕ	-	Υπηρεσίες μεταφορών και αποθήκευσης	-
314	ΚΑΤΣΑΜΑΚΟΣ ΑΕ	www.katsamakos.gr	Εμπόριο	Εμπόριο ειδών υγιεινής
315	ALFA FREEZER ΑΕΒΕ	www.alfafreezer.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Κατασκευή βιομηχανικών ψυκτικών θαλάμων και κλιματισμού
316	VIKING ΕΠΕ	-	Βιομηχανία τροφίμων	Ιχθυοκαλλιέργειες
317	ΕΛΑΣΤΡΟΝ ΑΕΒΕ	www.elastron.gr	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων	Χαλυβουργικά προϊόντα