



*ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ*

*ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ»*

*ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ*

*«Εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης των ποταμοχειμάρρων  
Τσικνιά, Ποταμιάς & Βούβαρη,  
Καλλονής, Λέσβου  
με την εφαρμογή πολυπαραμετρικών στατιστικών μεθόδων»*

*Μ.Ε. Δ. Βαραγιάννη*

Επιβλέπουσα: Μ. Κωστοπούλου-Καραντανέλλη, Επίκ. Καθ.

*Ιούνιος, 2007  
Μυτιλήνη*

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά διευκρινίζεται πως για τα λάθη ή τις πιθανές ελλείψεις αυτής της εργασίας, η αποκλειστικά υπεύθυνη είναι φυσικά η γράφουσα. Βέβαια για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας έβαλαν το λιθαράκι τους κάποιοι άνθρωποι, τους οποίους νιώθω την ανάγκη και την υποχρέωση να τους ευχαριστήσω. Θα ήθελα λοιπόν να ευχαριστήσω την κυρία Μαρία Κωστοπούλου- Καραντανέλλη, επιβλέπουσα καθηγήτρια σε αυτήν την διπλωματική, για την ενθάρρυνση και τις πολύτιμες συμβουλές, που μου παρείχε, και της ζητώ συγνώμη για την καθυστέρηση στην παράδοση του κειμένου. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον κύριο Γεώργιο Τσιρτσή, κατά πρώτον για τη βοήθεια του στην πρώτη δειγματοληψία και για τις πληροφορίες, που μας παρείχε σχετικά με τους σταθμούς δειγματοληψίας, και κατά δεύτερον για την παρουσία του στην τριμελή επιτροπή των καθηγητών. Επίσης ευχαριστώ τον κύριο Γιάννη Μπατζάκα, που υπήρξε κι εκείνος μέλος της τριμελούς επιτροπής των καθηγητών, οι οποίοι βοήθησαν στην καλύτερη εικόνα της παρούσας εργασίας. Για τη σημαντική βοήθεια στο χώρο του εργαστηρίου, ευχαριστώ τη Μαρία Βαγή, μέλος Ε.Τ.Ε.Π. και το διδάκτορα Ανδρέα Πέτσα. Σε αυτό το σημείο ευχαριστώ θερμά τη φοιτήτρια Κωνσταντία Γκιοούσογλου του τμήματος Επιστημών της Θάλασσας, αρχικά για την πολύτιμη βοήθεια οργάνωσης, η οποία υπήρξε καθοριστική για το τελείωμα αυτής της εργασίας. Κατά δεύτερον ευχαριστώ εκείνη και τις φοιτήτριες του ίδιου τμήματος Αγγελική Παυλοπούλου κι Ελένη Παπαϊωάννου κυρίως για τη βοήθεια στην πραγματοποίηση των εργαστηριακών αναλύσεων, αλλά και για τη συμμετοχή τους στις δειγματοληψίες. Ευχαριστώ με όλη την καρδιά μου την οικογένεια μου, που με τη διακριτική τους παρουσία αποτέλεσαν κι αποτελούν το βασικό στήριγμα σε κάθε επιλογή μου και σε κάθε βήμα στη ζωή μου. Τελειώνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Κώστα για την υπομονή, την κατανόηση, τη στήριξη και την πίστη, που έδειξε στο πρόσωπο μου.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	5
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	
1.1 Ο κύκλος του νερού.....	6
1.2 Ποτάμια .....	7
1.2.1. Τμήματα των ποταμών .....	8
1.2.2. Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός ποταμού .....	9
1.2.3. Επιπτώσεις της ροής των ποταμίστων νερών .....	10
1.2.4. Τα ποτάμια της Ελλάδας .....	13
1.3. Ρύπανση .....	15
1.3.1. Ρύπανση των υδάτων .....	15
1.3.2. Επιπτώσεις της ρύπανσης των υδάτων .....	17
1.3.4. Ρύπανση κι ελληνικά ποτάμια .....	18
<b>2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....</b>	<b>21</b>
<b>3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>	
3.1. Λεκάνη απορροής Κόλπου Καλλονής .....	22
3.1.1. Δημογραφικά στοιχεία .....	22
3.1.2. Τεχνική υποδομή .....	23
3.1.3 Κοινωνική υποδομή – Πολιτιστικό περιβάλλον .....	25
3.1.4 Οικονομική ζωή .....	25
3.2. Χρήσεις γης - Υδρολογικό δίκτυο .....	28
<b>4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ</b>	
4.1. Δειγματοληψία .....	32
4.2. Μετρήσεις στο πεδίο .....	34
4.2.1. Ενεργός Οξύτητα (pH) .....	34
4.2.2. Διαλυμένο Οξυγόνο (DO, Dissolved Oxygen) .....	34
4.3. Μετρήσεις στο εργαστήριο .....	35
4.3.1. Αλκαλικότητα (Alk., Alkalinity) .....	35

4.4.	Στατιστική ανάλυση - Ιεραρχική ομαδοποίηση (Cluster Analysis) .....	37
5.	<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b>	
5.1.	Πειραματικά δεδομένα .....	39
5.2.	Ιεραρχική ομαδοποίηση και δενδρογράμματα .....	49
6.	<b>ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b>	
6.1.	Σχετικά με τα αποτελέσματα .....	52
6.2.	Σύγκριση με ποταμούς της Ελλάδας και ποταμούς Γέρας του Ν. Λέσβου ..	58
7.	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	62
8.	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b> .....	64
9.	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	72

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Δεδομένου ότι, οι ποταμοί αποτελούν σημαντικό μέσο ικανοποίησης των ανθρώπινων αναγκών (οικιακή χρήση, άρδευση, ύδρευση, βιομηχανική χρήση, αναψυχή και ξεκούραση), αλλά και χώρο που ζουν κι αναπτύσσονται διάφοροι φυτικοί και ζωικοί οργανισμοί, είναι σημαντικό να ελεγχθεί η ρύπανση των ποταμών, ώστε να υπάρξουν αξιόπιστες πληροφορίες για την ποιότητα του ύδατος κι αποτελεσματική διαχείριση, όταν αυτή είναι απαραίτητη. Μάλιστα αυτό κρίνεται αναγκαίο, αφού ειδικά οι εκβολές, οι οποίες αποτελούν σύνθετα περιβάλλοντα, λαμβάνουν μεγάλα ποσά ρύπων από τις κοντινές αστικές και βιομηχανικές περιοχές. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν οι τρεις ποταμοχείμαροι, που καταλήγουν στον Κόλπο της Καλλονής : Ποταμιά, Τσικνιάς και Βούβαρης, γιατί φαίνονται να είναι οι πιο σημαντικοί όσον αφορά το μήκος και την παροχή τους, αλλά και γιατί δέχονται ανθρωπογενείς πιέσεις κατά μήκος τους ή δέχοντουσαν στο παρελθόν, όπως ο Βούβαρης, οποίος μέχρι και το 2000 αποτελούσε χώρο απόρριψης των αστικών αποβλήτων της Μυτιλήνης. Τελικά οι μετρήσεις έδειξαν ότι είναι ο πιο καθαρός ποταμοχείμαρρος, ενώ ο πιο επιβαρυνμένος ποταμοχείμαρρος είναι ο Τσικνιάς, γεγονός το οποίο επιβεβαιώθηκε και με την προσέγγιση του θέματος με την ιεραρχική ομαδοποίηση. Τα αποτελέσματα της ιεραρχικής ομαδοποίησης και τα δενδρογράμματα, που προέκυψαν από τα δεδομένα δίνουν μια αναμενομένη εικόνα, η οποία συμβαδίζει με τα στοιχεία που υπάρχουν σχετικά με τις ανθρωπογενείς επιβαρύνσεις, που δέχεται ο κάθε ποταμοχείμαρρος. Δηλαδή κατατάσσουν τον Τσικνιά μόνο του σε μία ομάδα και σε μια δεύτερη ομάδα κατατάσσονται η Ποταμιά κι ο Βούβαρης. Μάλιστα το σταθμό ΠΟ3 (εκβολή Ποταμιάς) τον τοποθετεί πάντα κοντά στους σταθμούς του Τσικνιά, και κυρίως στον ΤΣ3 (εκβολή Τσικνιά), δείχνοντας έτσι ότι οι εκβολές παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά μεταξύ τους κι ότι η εκβολή της Ποταμιάς σε σχέση με τους άλλους σταθμούς της, πλησιάζει σε συμπεριφορά τους σταθμούς του Τσικνιά, ο οποίος κατά μήκος του, και στους τρεις σταθμούς του, σύμφωνα με τις μετρήσεις, δείχνει να είναι επιβαρυνμένος.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό και κυρίως το γλυκό νερό, μετά τον αέρα, είναι το πιο πολύτιμο συστατικό της φύσης για τη ζωή, και όλοι οι οργανισμοί εξαρτώνται από την παρουσία του. Ο άνθρωπος μπορεί να ζήσει χωρίς νερό μόνο λίγες ημέρες, ενώ χωρίς τροφή αρκετές εβδομάδες. Επίσης, για τα ζώα το νερό είναι απαραίτητο, σε διαφορετικό βαθμό για το κάθε είδος, ανάλογα με την κατασκευή τους και τον χώρο, που έχουν συνηθίσει να ζουν. Άλλα εξαρτώνται απόλυτα από αυτό κι άλλα αντέχουν λιγότερο ή περισσότερο την έλλειψή του. Για την ανάπτυξη των φυτών επίσης απαιτείται υγρασία, με αποτέλεσμα η μορφή της βλάστησης κάθε περιοχής να καθορίζεται από τις βροχοπτώσεις. Ακόμη και τα πιο ανθεκτικά στην ξηρασία φυτά, χρειάζονται νερό κι έχουν συνηθίσει να το αποθηκεύουν στους ιστούς τους ή να το αναζητούν σε μεγάλο βάθος με τις ρίζες τους. Αν και είναι τόσο απαραίτητο για όλους τους οργανισμούς, μόλις το 3% των αποθεμάτων του νερού στον πλανήτη είναι γλυκό. Παρόλα αυτά η « προβληματική» χρήση/ κατασπατάληση του γλυκού νερού, και γενικά οι δραστηριότητες των ανθρώπων, έχουν επηρεάσει την ποιότητα και την ποσότητα του νερού, γεγονός που έχει προκαλέσει προβληματισμούς κι ανησυχία σε όλους τους χρήστες/ καταναλωτές (Daily *et al.*, 1997; Postel & Carpenter, 1997).

### 1.1. Ο κύκλος του νερού

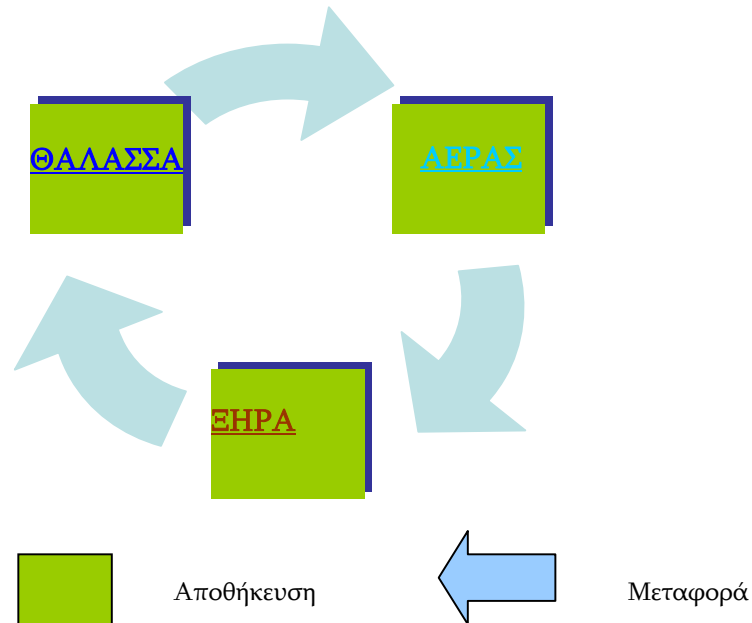
Πάνω στη Γη, το νερό απαντάται και στις τρεις γνωστές καταστάσεις της ύλης, δηλαδή ως αέριο, ως υγρό κι ως στερεό, ανάλογα με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Πιο συγκεκριμένα ως:

- I. αέριο, το νερό βρίσκεται με τη μορφή ατμών και σχηματίζει νέφη.
- II. υγρό, το νερό σχηματίζει τους ωκεανούς, τις θάλασσες, τα ποτάμια και τις λίμνες
- III. στερεό, το νερό σχηματίζει τους πάγους των δύο πόλων και τους μεγάλους παγετώνες των ορεινών όγκων.

Το νερό βρίσκεται και στις τρεις αυτές καταστάσεις, καθώς ακολουθεί έναν ορισμένο κύκλο στη φύση. Ο Ήλιος, ζεσταίνοντας άμεσα τα διάφορα τμήματα της Γης, προκαλεί τον αέναο κύκλο του νερού, ο οποίος επαναλαμβάνεται από τότε, που δημιουργήθηκε ο πλανήτης Γη. Πιο συγκεκριμένα, με τη θερμότητα του Ήλιου εξατμίζεται το νερό από την επιφάνεια της θάλασσας, των λιμνών και των ποταμών κι εμπλουτίζει τον αέρα με υδρατμούς. Οι υδρατμοί, όταν ψυχθούν, μετατρέπονται σε βροχή, χιόνι ή χαλάζι κι επιστρέφουν στη Γη. Τα ποτάμια, που σχηματίζονται καταλήγουν στις θάλασσες κι ο Ήλιος μετατρέπει και πάλι το νερό σε υδρατμούς για να ξαναρχίσει ο κύκλος του νερού από την αρχή.

Αυτός ο κύκλος έχει μεγάλη σημασία τόσο για τη ζωή, όσο και για την ίδια τη Γη, διότι:

- Ανανεώνει συνεχώς το γλυκό νερό, που χρειάζονται οι οργανισμοί.
- Γεννά τις βροχές, τα ποτάμια και τους παγετώνες, που αλλάζουν με τη δράση τους (διάβρωση, μεταφορά κι απόθεση υλικών) την επιφάνεια του πλανήτη μας.
- Διαμορφώνει το κλίμα του πλανήτη.



Σχήμα 1: Ο κύκλος του νερού

Η ροή του νερού, η βλάστηση και το διοξείδιο του άνθρακα, αποτελούν σημαντικούς παράγοντες της ρύθμισης του κύκλου του νερού, και του σχηματισμού του κλίματος (Hutjes *et al.*, 2004). Οι ανθρώπινες επεμβάσεις όμως περιόρισαν τη βλάστηση, κι επηρέασαν τον κύκλο του νερού, άρα και τη μεταφορά των συστατικών, όπως θρεπτικές ουσίες και υλικά στερεά.

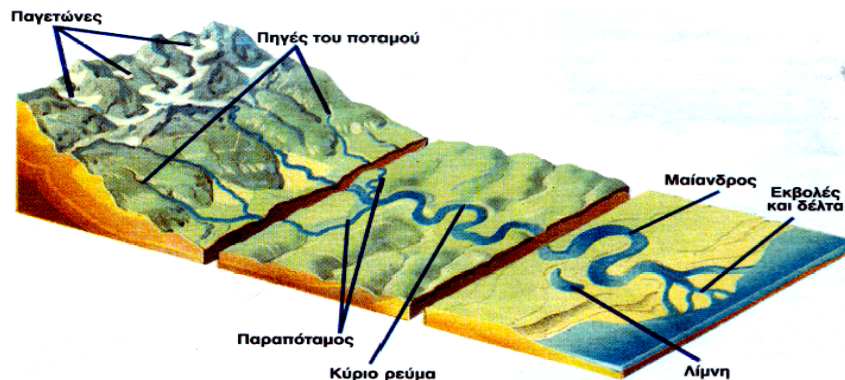
## 1.2. Ποτάμια

Η κίνηση του ποταμίσιου νερού είναι συνεχής. Χαρακτηριστικά για αυτή την κίνηση ο αρχαίος Έλληνας φιλόσοφος Ηράκλειτος είπε: «Δεν μπορείς να μπεις δυο φορές στα ίδια νερά του ποταμού». Η βαρύτητα αναγκάζει το νερό, που πέφτει στην επιφάνεια της Γης να κινείται από τα ψηλότερα προς τα χαμηλότερα τμήματα. Έτσι, δημιουργούνται μικρά και μεγάλα ρεύματα νερού, που ξεκινούν από ορεινούς όγκους, ενώνονται σε ένα κύριο κορμό κι αφού διασχίσουν κάποια απόσταση, καταλήγουν στη θάλασσα ή σε κάποια λίμνη. Η ροή του ποταμίσιου νερού, καθώς διασχίζει την ανάλογη απόσταση, εξαρτάται από το γεωλογικό υπόστρωμα, το κλίμα της περιοχής και τις ανταλλαγές νερού μεταξύ των υδροφόρων στρωμάτων (Konrad, 2006). Όταν, για παράδειγμα, το κλίμα της περιοχής που διαρρέουν είναι πολύ θερμό, και το έδαφος πορώδες, δεν καταλήγουν πουθενά αλλά χάνονται στην πορεία, καθώς τα εξατμίζει ο Ήλιος και τα απορροφά η Γη. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα ποτάμια της Σαχάρας, που γεμίζουν ορμητικό νερό κατά τη διάρκεια των σπάνιων βροχών και στεγνώνουν σε λίγες ημέρες. Παροδικοί ποταμοί (μη συνεχούς ροής)

είναι και οι ελληνικοί ποταμοχειμάρροι. Χαρακτηρίζονται από μεγάλες παροχές κατά τους χειμερινούς μήνες, ενώ κατά την έναρξη της εαρινής περιόδου παύει η ροή τους.

### 1.2.1. Τμήματα των ποταμών

Συνήθως οι ποταμοί διακρίνονται (Σχήμα 2) στα ακόλουθα τμήματα:



Σχήμα 2: Τα μέρη ενός ποταμού (Πηγή: Holmes, 2003).

1. **Πηγές του ποταμού**, ονομάζεται και *άνω ρους* ή *χοάνη τροφοδοσίας*, είναι ο χώρος από τον οποίο ξεκινά. Συνήθως ο χώρος αυτός βρίσκεται στα βουνά, εκεί που το νερό των βροχών και του χιονιού, που λιώνει σχηματίζει τα πρώτα μικρά ρυάκια, που αργότερα θα ενωθούν και θα δώσουν μορφή στο ποτάμι. Στο χώρο αυτό το ποτάμι έχει συνήθως καθαρό νερό και είναι ορμητικό, επειδή στα βουνά το έδαφος έχει μεγάλη κλίση. Όταν μια γεωγραφική περιοχή χαρακτηρίζεται από έντονο ανάγλυφο, μικρής έκτασης λεκάνες απορροής και παράλληλα οι κλιματικές συνθήκες είναι κατάλληλες (υψηλές θερμοκρασίες, απουσία βροχοπτώσεων, κ.λ.π.), χαρακτηριστικά συνήθως των περισσότερων μεσογειακών χωρών και της Ελλάδος, οι σχηματιζόμενοι ποταμοί είναι περιορισμένου μήκους και ροής. Η παρουσία ορεινών όγκων έχει ως αποτέλεσμα τη διοχέτευση των υδάτων σε μεγάλο υδρολογικό δίκτυο μικρής έκτασης όπως ποτάμια, χείμαρροι, ρυάκια κι αυλάκια. Συνήθως οι σχηματιζόμενοι ποταμοχειμάρροι/ χείμαρροι είναι ορμητικοί, γιατί πρέπει μέσα σε λίγα χιλιόμετρα να κατέβουν από τις κορυφές των βουνών ως το επίπεδο της θάλασσας. Η ορμητικότητά τους έχει ως αποτέλεσμα τη διάβρωση και τη μεταφορά πολλών υλικών, όπως χώμα και πέτρες, που στη συνέχεια αφήνει συνήθως κοντά στις ακτές (αποθέσεις). Στον άνω ρου του ποταμού οι αποθέσεις είναι πολύ ελάχιστες ή και σχεδόν δεν υπάρχουν καθόλου, γιατί εκεί είναι πιο έντονη η διάβρωση και η μεταφορά. Στην Ελλάδα οι διεργασίες αυτές είναι έντονες, και οδηγούν στην αλλαγή των μορφολογικών χαρακτηριστικών των εν λόγω περιοχών.



2. **Κύριο τμήμα**, ονομάζεται *μέσος ρους* ή *κορμός μεταφοράς* και είναι το μεγαλύτερο τμήμα που συνήθως βρίσκεται σε κάποια πεδιάδα. Μπορεί να έχει μεγάλο πλάτος, αλλά και βάθος, που το ποτάμι να θυμίζει πολλές φορές θάλασσα. Στο τμήμα αυτό η ταχύτητα του νερού μειώνεται, γιατί η κλίση του εδάφους είναι μικρότερη και το πλάτος του ποταμού αυξάνεται, γιατί συναντά όλους τους παραπόταμους. Η μειωμένη ροή του ποταμίσιου νερού και η μικρή κλίση του εδάφους αποτελούν παράγοντες που ευνοούν το σχηματισμό μαιάνδρων και μικρών λιμνών (σχήμα 2). Συχνά κατά μήκος της κυρίως ροής, στις όχθες των μεγάλων ποταμών είναι κτισμένες πολλές πόλεις και χωριά.
3. **Εκβολές**, ονομάζεται και *κάτω ρους* ή *κάνος τροφοδοσίας* και είναι το τελικό τμήμα του ποταμού, που αποτελεί τη διεπιφάνεια ποταμού – θάλασσας (Καραντανέλλη, 2004). Οι εκβολές αποτελούνται από τρεις περιοχές: τη θαλάσσια κατώτερη ζώνη, που είναι σε άμεση επαφή με τη θάλασσα, την ενδιάμεση ζώνη, όπου γίνεται ανάμιξη του γλυκού ποταμίσιου νερού με το θαλασσινό νερό και την ανώτερη ζώνη, η οποία χαρακτηρίζεται από γλυκό νερό. Όσον αφορά στη γεωμορφολογία, κοντά στις εκβολές τους τα ποτάμια συνήθως πλαταίνουν. Μερικοί ποταμοί στο τμήμα αυτό χωρίζονται σε λίγους ή πολλούς κλάδους, οι οποίοι απομακρύνονται ο ένας από τον άλλο, με αποτέλεσμα να σχηματίζονται τα Δέλτα των ποταμών. Το άφθονο νερό (γλυκό και θαλασσινό) και οι πλούσιες αποθέσεις προσφέρουν μια σειρά από φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες, οι οποίες κάνουν τα Δέλτα χώρους πλούσιους σε φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς. Στους υγρότοπους βρίσκουν κατάλληλο έδαφος κι αναπτύσσονται πολλά φυτά, ενώ πολλά προστατευόμενα είδη πουλιών βρίσκουν καταφύγιο.

### 1.2.2. Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός ποταμού

Ένα ποτάμιο οικοσύστημα χαρακτηρίζεται από ένα σύνολο αβιοτικών και βιοτικών παραμέτρων, που αλληλεξαρτώνται, αλληλεπιδρούν και μεταβάλλουν την ποιότητα του νερού χωρικά και χρονικά.

**Πίνακας 1:** Αβιοτικά-βιοτικά χαρακτηριστικά του ποταμού

Αβιοτικά	Φυσικές, χημικές συνθήκες και υδρολογική συμπεριφορά του νερού, μορφολογικά χαρακτηριστικά του ποταμού, η πετρολογική σύσταση της κοίτης και της όχθης, η κοκκομετρική, ορυκτολογική και χημική σύσταση των ιζημάτων, που καλύπτουν την κοίτη, την όχθη και τις πλημμυρικές επιφάνειες.
Βιοτικά	Χλωρίδα και πανίδα που ζει και αναπτύσσεται στο ποτάμιο οικοσύστημα.

Εξαιτίας της πολυπλοκότητας των διεργασιών απαιτείται ειδική προσέγγιση του θέματος (Markich & Brown, 1998; Interlandi & Crockett, 2003).

Κυρίως τα αβιοτικά χαρακτηριστικά του ποταμού επηρεάζουν και καθορίζουν το μέγεθος του. Η έννοια του μεγέθους του ποταμού, συνήθως συνδέεται αποκλειστικά με το μήκος, το οποίο αποτελεί ένα σημαντικό χαρακτηριστικό, αλλά όχι το μοναδικό που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη. Μεγάλη σημασία έχουν επίσης η έκταση της λεκάνης απορροής και η μέση παροχή του ποταμού.

- I. **Το μήκος του ποταμού**, είναι συχνά κάτι εντυπωσιακό, αλλά δεν μας δίνει πάντα αξιόλογες πληροφορίες για το μέγεθος του, γιατί υπάρχουν ποτάμια, των οποίων το μήκος είναι μεγαλύτερο από άλλους ποταμούς, παρόλα αυτά μεταφέρουν στη θάλασσα μικρότερες ποσότητες νερού. Για παράδειγμα, ενώ ο Νείλος έχει μεγαλύτερο μήκος από τον Αμαζόνιο και τον Κονγκό, στη θάλασσα μεταφέρει λιγότερο νερό. Στην Ελλάδα, γίνεται σύγκριση μεταξύ των ποταμών της Ηπείρου και της Θεσσαλίας. Τα βουνά της Ηπείρου δέχονται πολλές βροχές, άρα θα περίμενε κανείς να σχηματίζουν πολύ μεγάλα ποτάμια. Παρόλα αυτά όμως η Ήπειρος δεν έχει κανένα ποτάμι που να μπορεί να ανταγωνιστεί σε μήκος τον Πηνειό, ο οποίος διασχίζει τη μεγάλη Θεσσαλική πεδιάδα.
- II. **Η λεκάνη απορροής**, ονομάζεται το τμήμα εκείνο της επιφάνειας του εδάφους πάνω στο οποίο τα νερά που ρέουν επιφανειακά φέρονται με το υδρογραφικό σύστημα στην κοίτη του υπόψη ποταμού, ο οποίος τα οδηγεί στη θάλασσα κατευθείαν (Σούλιος 1986). Είναι φανερό, ότι η έκταση της λεκάνης απορροής καθορίζει και το μέγεθος του ποταμού, αλλά όχι απόλυτα, γιατί μπορεί το κλίμα της περιοχής να είναι ξηρό.
- III. **Η μέση παροχή**, ορίζεται ο όγκος του νερού που το ποτάμι μεταφέρει κατά μέσο όρο στη θάλασσα στη μονάδα του χρόνου ( $s^{-1}$ ). Λαμβάνεται η μέση τιμή, διότι η ροή των ποταμών είναι μεταβαλλόμενη και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Θεωρητικά η μέση παροχή αυξάνει κατά την υγρή περίοδο και αντίστοιχα μειώνεται κατά τη ξηρή.

### **1.2.3. Επιπτώσεις της ροής των ποταμίστιων νερών**

Η ροή του ποταμίστιου νερού προκαλεί διάβρωση κατά μήκος του ποταμού, μεταφορά υλικών, που έχει αποσπάσει (χώμα, άμμο, διαλυμένες ουσίες) κι απόθεση αυτών των υλικών κατά τόπους. Οι διεργασίες της μεταφοράς, της απόθεσης και της διάθεσης των διαφόρων συστατικών κατά μήκος του ποταμού επηρεάζονται από τους κλιματολογικούς παράγοντες της περιοχής, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται ανάλογα και η ποιότητα των ποταμίστιων νερών (Soulsby, 2002).

Πιο συγκεκριμένα, το ποταμίστιο νερό με τη συνεχή κίνηση των νερών του, προκαλεί:

- I. **Διάβρωση**, γιατί διαρρέοντας τις πλαγιές των βουνών παρασύρει μόρια του εδάφους (χώμα, χαλίκια, πέτρες), ανοίγει αυλάκια, σκάβει το έδαφος, διαβρώνει τα βράχια και με τον καιρό ανοίγει χαράδρες και μεγάλα φαράγγια. Η διάβρωση εξαρτάται από την ποιότητα των πετρωμάτων της κοίτης και των παρόχθιων τμημάτων του ποταμού. Είναι εντονότερη σε μαλακά υποστρώματα, ενώ στα σκληρά γίνεται πολύ αργά και η

κοίτη εμφανίζει ανωμαλίες. Επίσης, η διάβρωση εξαρτάται κι από την κλίση του εδάφους, καθώς στα χαμηλότερα τμήματα του ποταμού λαμβάνει χώρα σε μικρότερη έκταση, σύμφωνα με μελέτη, που πραγματοποιήθηκε σε βρετανικούς ποταμούς (Wass & Leeks, 1999). Στην εποχή μας, η διάβρωση εξαρτάται έντονα κι από ανθρωπογενείς παρεμβάσεις, επειδή η κατασκευή φραγμάτων και λοιπών κατασκευών κατά μήκος των ποταμών, η καταστροφή ή κι εκχέρσωση των δασών και οι πυρκαγιές των δασικών εκτάσεων, σε περιόδους κυρίως έντονης βροχόπτωσης αυξάνουν τη ροή του νερού, άρα και τη διάβρωση (Ning *et al.* 2005; Lane *et al.* 2006). Η διάβρωση επίσης επηρεάζει την ποιότητα των υδάτων, καθώς συντελεί στη χωρική και χρονική μεταβολή της χημικής σύστασης του ποτάμιου νερού (Cresser *et al.*, 2000). Το φαινόμενο της διάβρωσης συνεχίζεται, χωρίς να σταματά δισεκατομμύρια χρόνια, με αποτέλεσμα να έχει διαμορφώσει και να εξακολουθεί να διαμορφώνει την επιφάνεια του πλανήτη μας.

II. **Μεταφορά**, γιατί τα νερά των ποταμών κατά τη φυσική διαδρομή τους προς τη θάλασσα, μεταφέρουν σε μεγάλες αποστάσεις τα υλικά που έχουν αποσπάσει (χώματα, άμμο και διαλυμένες ουσίες). Η μεταφορά αυτή γίνεται με τρεις τρόπους:

- **Μεταφορά διαλυτών/ ή σε διασπορά χημικών ειδών.** Γενικά, το νερό των ποταμών, εκτός από άμμο και χώμα που μεταφέρει, ιδιαίτερα κατά τις περιόδους πλημμυρών, περιέχει πάντα διαλυμένες ουσίες, όπως ανθρακικά και θειικά άλατα, συνήθως του ασβεστίου και μαγνησίου, μικρές ποσότητες από πυριτικά, οξέα, νάτριο, ανιόντα, κ.λ.π. αλλά και οργανικές ουσίες (φυτοφάρμακα), βιομηχανικά και οικιακά υπολείμματα (Old *et al.*, 2005). Η ποσότητα των φυτοφαρμάκων που μεταφέρεται στα επιφανειακά νερά εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως τα χαρακτηριστικά του εδάφους, του καιρού, το βαθμό χρήσης τους στη γεωργία, καθώς επίσης και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του κάθε φυτοφαρμάκου.
- **Μεταφορά λεπτόκοκκων εν αιωρήσει υλικών,** τα οποία προσδίδουν χαρακτηριστική θολερότητα στα ποταμίσια νερά (Konrad, 2006). Η μεταφορά τους θα εξαρτάται και από την ταχύτητα του νερού.
- **Μεταφορά μεγαλύτερων υλικών,** τα οποία συνήθως καταλήγουν στον πυθμένα της κοίτης των ποταμών. Η μετακίνησή τους εξαρτάται από το ειδικό βάρος τους και το σχήμα τους (Konrad, 2006).

III. **Απόθεση**, διεργασία κατά την οποία όλα αυτά τα υλικά που αναφέρθηκαν παραπάνω, μεταφέρονται κι αποθέτονται κατά τόπους. Στον άνω ρου του ποταμού η απόθεση είναι ελάχιστη, ίσως και να μην παρατηρείται καθόλου, γιατί εκεί είναι έντονη η διάβρωση. Υπάρχουν βέβαια περιπτώσεις που έχουν συγκεντρωθεί υλικά σε ορεινές περιοχές, οι οποίες μοιάζουν με μικρές πεδιάδες ανάμεσα σε πλαγιές των βουνών. Πιο έντονη είναι η απόθεση στις πεδιάδες, όπου ο κύριος κορμός των ποταμών σχηματίζει μαιάνδρους, και γενικά αποθέτει λάσπη σε αρκετή έκταση, ιδιαίτερα κατά τις περιόδους των πλημμυρών. Στον κάτω ρου, δηλαδή στις εκβολές, που η κλίση του ποταμού είναι ελάχιστη, επιβραδύνεται η ροή του νερού, με

αποτέλεσμα η απόθεση να είναι μεγαλύτερη. Έτσι, σχηματίζονται τα δέλτα των ποταμών που σιγά-σιγά εισχωρούν στη θάλασσα κι αποτελούν πηγές μεταφοράς ειδών στο παράκτιο σύστημα.

Τα ποτάμια μεταφέρουν κάθε χρόνο στις θάλασσες και στους ωκεανούς μία σημαντική ποσότητα γλυκού νερού. Πολύ σημαντικό είναι ότι αποτελούν οικοσυστήματα, τα οποία βρίσκονται σε ισορροπία με το χερσαίο και παράκτιο τμήμα και η οποία ισορροπία πολλές φορές διαταράσσεται εξαιτίας κυρίως των ανθρωπογενών δράσεων. Η σημασία τους για τον άνθρωπο, τόσο στα παλιά χρόνια, όσο και σήμερα, ήταν κι εξακολουθεί να είναι μεγάλη. Κι αυτό γιατί μας προμηθεύουν πόσιμο νερό, νερό για άρδευση, μας προμηθεύουν ψάρια, χρησιμεύουν ως υδάτινοι δρόμοι για τις συγκοινωνίες, προστατεύουν από πλημμύρες, εξαιτίας της έντονης χλωρίδας, που αναπτύσσεται κοντά σε κάθε ποτάμι, προσφέρουν χώρους αναψυχής κι άθλησης, μοναξιάς και ξεκούρασης.

Οι ανάγκες όμως των ανθρώπινων κοινωνιών σε νερό, έχουν τα τελευταία χρόνια αυξηθεί σημαντικά, με αποτέλεσμα το ποτάμιο οικοσύστημα να δέχεται μεγάλες πιέσεις και να σημειώνονται σε αυτό πολλές αλλαγές. (Freeman & Ray, 2001). Το 82% περίπου της παγκόσμιας κατανάλωσης νερού χρησιμοποιείται για την άρδευση των καλλιεργειών και τις κτηνοτροφικές ανάγκες, το 8% της κατανάλωσης αφορά στη βιομηχανία, είτε για χρήση στις βιομηχανικές μονάδες, είτε στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια με τη μορφή των υδατοπτώσεων και το 10% της κατανάλωσης αφορά στην προσωπική υγιεινή και τις οικιακές ανάγκες. Κατασκευάστηκαν λοιπόν φράγματα (αρδευτικά και υδροηλεκτρικά), κανάλια και διώρυγες, ώστε να καλυφθούν οι ανθρώπινες ανάγκες σε νερό. Τα αρδευτικά φράγματα και τα κανάλια λειτουργούν κυρίως κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου, δηλαδή από Μάιο έως Οκτώβριο, με αποτέλεσμα τα ποτάμια να παρουσιάζουν μικρή παροχή, στάσιμα νερά, ή και να στερεύουν τελείως. Αλλά και σε ποτάμια που δεν υπάρχουν φράγματα, η κατανάλωση των επιφανειακών και υπόγειων νερών στην άρδευση προκαλεί σημαντική μείωση της παροχής. Τα υδροηλεκτρικά φράγματα απελευθερώνουν σε άτακτα χρονικά διαστήματα μεγάλες ποσότητες νερού, ανάλογα με τις ανάγκες για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με αποτέλεσμα η απότομη απελευθέρωση του νερού από τα φράγματα να προκαλεί φαινόμενα διάβρωσης στις όχθες και την κοίτη των ποταμών, και να καταστρέφει την υδρόβια βλάστηση και το βένθος των ποταμών (Σκουλικίδης 1997). Αντίθετα η συγκράτηση του νερού από τα φράγματα, προκαλεί σε πολλές περιπτώσεις διείσδυση του θαλασσινού νερού προς το εσωτερικό του ποταμού, με αποτέλεσμα, εξαιτίας των εναλλαγών της αλατότητας να επηρεάζονται οι ζωικοί και φυτικοί οργανισμοί που ζουν σε γλυκά νερά. Επίσης ο σύγχρονος πολιτισμός χρησιμοποιεί τα ποτάμια ως αγωγούς απομάκρυνσης κάθε είδους αποβλήτων (βιομηχανικά και οικιακά), τα περισσότερα από τα οποία είναι ανεπεξέργαστα, γεγονός που οδηγεί στην υποβάθμιση της ποιότητας του νερού, το οποίο γίνεται ακατάλληλα για πόση, εξοντωτικό για τα ψάρια και τη βλάστηση κι επικίνδυνο για μολύνσεις.

#### 1.2.4. Τα ποτάμια της Ελλάδας

Η Ελλάδα είναι μία χώρα που χαρακτηρίζεται από έντονο ανάγλυφο, μικρής έκτασης λεκάνες απορροής, ενώ οι βροχοπτώσεις είναι μικρής έκτασης. Κατ'επέκταση τόσο η ηπειρωτική χώρα, αλλά κύρια η νησιωτική, χαρακτηρίζονται από μικρές αποθήκες γλυκού νερού. Για αυτό το λόγο τα νερά των ποταμών έχουν μεγάλη σημασία για τη χώρα μας. Πέρα από τα όμορφα τοπία, που δημιουργούν, χρησιμοποιούνται για να καλύψουν τις ανάγκες άρδευσης, ύδρευσης, παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, κ.α.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των ελληνικών ποταμών είναι τα ακόλουθα:

- Μικρό μήκος διαδρομής και μικρές παροχές, επειδή τα νερά, που κατεβαίνουν από τα βουνά διαχωρίζονται σε πολλά ρεύματα και δεν έχουν χώρο να ενωθούν.
- Είναι άγρια κι ορμητικά, γιατί διανύουν μικρή συνήθως απόσταση από μεγάλο υψόμετρο προς την εκβολή τους στη θάλασσα.
- Λόγω της ορμητικότητάς τους μεταφέρουν πολλές φερτές ύλες, γιατί ξεπλένουν με δύναμη τις πλαγιές των βουνών. Έτσι δημιουργούν πολλές προσχώσεις στα σημεία που καταλήγουν στη θάλασσα κι αλλάζουν συνεχώς το τοπίο κοντά στις ακτές.
- Δεν έχουν σταθερή ροή. Το χειμώνα με τις βροχές και την άνοιξη, όταν λιώνουν τα χιόνια, μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες νερού, ενώ κατά τους θερινούς μήνες ελάχιστο έως μηδενικό. Ορισμένα μάλιστα «στερεύουν» κατά το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (συνήθως 6 μήνες) και γεμίζουν ξαφνικά νερό μέσα σε λίγες ώρες, όταν πέφτουν καταρρακτώδεις βροχές. Αν λοιπόν η κοίτη τους έχει κλειστεί από οικήματα ή άλλα έργα, πλημμυρίζουν και προκαλούν μεγάλες καταστροφές, τόσο στις καλλιεργούμενες εκτάσεις, όσο και στους οικισμούς και στις πόλεις.

Με κριτήριο τα κλιματολογικά, γεωλογικά, και χημικά χαρακτηριστικά των ποτάμιων οικοσυστημάτων, ο ελλαδικός χώρος χωρίζεται σε τρεις γεωγραφικές ζώνες (Skoulikidis 1993 & Skoulikidis 2004), την βορειοανατολική, την νότια-κεντρική και τη δυτική. Στο δυτικό και βόρειο τμήμα του ελλαδικού χώρου υπάρχει πλούσια βλάστηση, ενώ ταυτόχρονα κάνει την εμφάνιση του ο μεγαλύτερος αριθμός των ποταμών. Οι ποταμοί των γεωγραφικών αυτών περιοχών χαρακτηρίζονται από άφθονα νερά, ακόμη και κατά την ξηρή περίοδο. Αντίθετα στο ανατολικό και βορειοανατολικό μέρος της χώρας η βλάστηση είναι μειωμένη με αποτέλεσμα τα ποτάμια της περιοχής να χαρακτηρίζονται το καλοκαίρι με πολύ χαμηλή παροχή, ενώ πολλοί από αυτούς ίσως και να ξηραίνονται τελείως. Στον πίνακα 2 φαίνονται οι κυριότεροι ποταμοί της Ελλάδας καθώς και κάποια από τα χαρακτηριστικά τους. Από αυτούς οι Έβρος, Άρδας, Νέστος και Στρυμόνας προέρχονται από τη Βουλγαρία, ο Αξιός από την Πρώην Δημοκρατία της Γιουγκοσλαβίας, ενώ ο Αώος είναι ο μοναδικός ποταμός που πηγάζει στην Ελλάδα και ρέει σε άλλη χώρα (Αλβανία). Ο ποταμός Έβρος είναι αυτός που έχει το μεγαλύτερο μήκος (530 Km) και τη μεγαλύτερη λεκάνη απορροής της Βαλκανικής χερσονήσου (50425 Km<sup>2</sup>). Από τους ποταμούς που βρίσκονται εξολοκλήρου στην Ελλάδα τη μεγαλύτερη απορροή παρουσιάζει ο Αχελώος, ενώ ο Αλιάκμονας έχει το μεγαλύτερο μήκος (320 (Km) και ο Πηνειός τη μεγαλύτερη λεκάνη απορροής (10225 Km<sup>2</sup>) (Καλέργης 1979).

**Πίνακας 2 :** Ποταμοί της ελληνικής επικράτειας και χαρακτηριστικά αυτών. (\* μήκος ροής εντός ελληνικής επικράτειας) (Πηγή: *Ε.Σ.Υ.Ε.,2001*).

ΠΟΤΑΜΙ	ΜΗΚΟΣ ΡΟΗΣ (σε Km.)	ΠΗΓΕΣ
Αλιάκμονας	297	Γράμμος - Κόζακας
Αχελώος	220	Νότια Πίνδος
Πηνειός	205	Χάσια - Αντιχάσια
Εβρος*	204	Βουλγαρία
Νέστος*	130	Βουλγαρία
Στρυμόνας*	118	Βουλγαρία
Καλαμάς	115	Δούσκος
Άραχθος	110	Μέτσοβο
Αλφειός	110	Ταΰγετος
Ενιπέας	84	Χαλκοδόνιο
Ευρώτας	82	Βλαχοκερασιά
Ασωπός	80	Ελικώνας - Υλίκη
Λούρος	80	Τομαροχώρια
Σπερχειός	80	Τυμφρηστός
Μέγδοβας	78	Νότια Πίνδος
Αξιός*	76	Π.Γ.Δ.Μ.
Αώος*	70	Βόρεια Πίνδος
Γαλλικός	70	Κρούσια
Λάδωνας	70	Αροάνια
Μόρνος	70	Βαρδούσια
Πηνειός Πελοποννήσου	70	Ερύμανθος
Πάμισος Θεσσαλίας	60	Τετράζιο
Λουδίας	60	Κρύα Βρύση
Αχέροντας	52	Όρη Σουλίου
Αγγίτης	50	Πηγή Αγγίτη
Πάμισος Πελοποννήσου	48	Τετράζιο
Εύηνος	40	Όρη Ναυπακτίας
Ασωπός Πελ.	40	Τραχύ - Φαρμακά
Γεροποταμός	32	Κόφινας

### 1.3. Ρύπανση

Με τον όρο ρύπανση του περιβάλλοντος εννοούμε την παρουσία στο περιβάλλον ρύπων, δηλαδή κάθε είδους ουσιών, θορύβου, ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας, σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια, που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα ή υλικές ζημιές, και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του (Κουιμτζής & συν., 1998).

Στα οικοσυστήματα, με την υπερβολική εισαγωγή ανεπιθύμητων χημικών και λοιπών ειδών, διαταράσσεται η ισορροπία τους, καθώς μειώνεται η ικανότητά τους να αντιδρούν και να κινούν μηχανισμούς ανακύκλωσης, αναπαραγωγής κι αυτοκαθαρισμού. Αυτό φυσικά, μπορεί να οδηγήσει στην καταστροφή της αρμονίας ανάμεσα στη ζωή και το περιβάλλον, δηλαδή να οδηγήσει στη ρύπανση του περιβάλλοντος.

#### 1.3.1. Ρύπανση των υδάτων

Με τον όρο ρύπανση των υδάτων εννοούμε την οποιαδήποτε ανεπιθύμητη αλλαγή/μεταβολή στα φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του νερού των θαλασσών, λιμνών ή ποταμών, η οποία είναι ή μπορεί, υπό προϋποθέσεις, να αποβεί ζημιόγonos για τον άνθρωπο, τους υδρόβιους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς, αλλά και γενικότερα για τις συνθήκες ζωής.

Η ρύπανση των υδάτων οφείλεται κυρίως σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες λόγω απελευθέρωσης ουσιών σε λίμνες, ποτάμια και θάλασσες, οι οποίες είτε διαλύονται, είτε αποθηκεύονται στον πυθμένα και είναι πολύ επικίνδυνη, επειδή συγκεντρώνεται συνήθως σε περιορισμένους χώρους, όπου οι υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων προκαλούν μη αντιστρεπτές καταστάσεις. Εξαιτίας του κύκλου του νερού, δηλαδή λόγω των βροχών και των επιφανειακών απορροών, η ρύπανση των υδάτων επιβαρύνεται και από τη ρύπανση της ατμόσφαιρας και του εδάφους. Επίσης, η θερμότητα και η ραδιενέργεια δημιουργούν θερμική ρύπανση των υδάτων, η οποία προκαλεί άνοδο στην θερμοκρασία του νερού. Τέλος, ρύπανση των υδάτων είναι δυνατόν να δημιουργηθεί από μικροοργανισμούς των οικιακών αποβλήτων, από οργανικές ουσίες όπως το πετρέλαιο και τα προϊόντα του, κ.λ.π., και από τοξικά μέταλλα.

Οι κυριότερες πηγές ρύπανσης οι οποίες επηρεάζουν τα επιφανειακά νερά (Carpenter *et al.*, 1998; Jarvie *et al.*, 1998) οφείλονται σε σημειακές και μη σημειακές πηγές. Στις σημειακές πηγές, όπως για παράδειγμα τα βιομηχανικά και αστικά απόβλητα, επειδή οι πηγές ρύπανσης είναι γνωστές, οι ερευνητές οδηγούνται πιο εύκολα σε συμπεράσματα για το επίπεδο της ρύπανσης στην περιοχή, και μπορούν να προβλέψουν την μελλοντική κατάσταση της περιοχής και να προτείνουν τρόπους αντιμετώπισής της. Αντίθετα, στις μη σημειακές πηγές, που πιθανόν να οφείλονται στη χρήση λιπασμάτων ή ουσιών σε καλλιέργειες, στα ζωικά υπολείμματα, στα αστικά απορρίμματα, στη διάβρωση του εδάφους για τη δημιουργία μικρών κατασκευών άρδευσης και ύδρευσης, οι πηγές ρύπανσης είναι συχνά δύσκολο να εντοπιστούν, με αποτέλεσμα να γίνεται πιο δύσκολος ο προσδιορισμός του επιπέδου ρύπανσης, άρα και των τρόπων αντιμετώπισης της ρύπανσης της περιοχής.

Οι κυριότερες πηγές, που οφείλονται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες, είναι:

- **Αστικά λύματα**, οι οποίες αποτελούν σημειακή πηγή. Το νερό μετά την οικιακή χρήση αποβάλλεται από τις αποχετεύσεις, περιέχοντας πολλές ρυπογόνες ουσίες. Τα ακάθαρτα νερά χαρακτηρίζονται από μεγάλη περιεκτικότητα σε οργανικά συστατικά και συνήθως αποχετεύονται σε θαλάσσιους, λιμναίους ή ποτάμιους αποδέκτες ή και απορροφητικούς βόθρους, ρυπαίνοντας έτσι και τα υπόγεια νερά. Είναι πολλά τα στοιχεία που συνδέονται με τα αστικά λύματα, και που η εμφάνιση τους στα νερά καθορίζει την ποιότητα αυτών. Για παράδειγμα, πραγματοποιήθηκε μελέτη για την ποιότητα των ποταμίσσιων νερών της Σκωτίας που έδειξε το βαθμό ρύπανσης αυτών από τα αστικά λύματα (Ferrier *et al.*, 2001).
- **Γεωργικές καλλιέργειες**. Η εντατική χρήση των λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στη γεωργία επιβαρύνει τα επιφανειακά νερά και σε συνδυασμό με τις καιρικές συνθήκες συχνά οδηγεί στον ευτροφισμό με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η ποιότητα του νερού. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζεται αύξηση του οργανικού φορτίου, αύξηση του pH, λόγω της μείωσης του διοξειδίου του άνθρακα, μείωση της συγκέντρωσης κατιόντων ασβεστίου, κ.λ.π. Την άνοιξη άλλωστε ευνοείται η διαδικασία της φωτοσύνθεσης και το καλοκαίρι αυξάνονται οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών (Skoulikidis *et al.* 2005). Η ρύπανση από γεωργικές καλλιέργειες φτάνει στα επιφανειακά νερά μέσω της επιφανειακής απορροής με τα νερά της βροχής, ή με την επικοινωνία με τα υπόγεια νερά (Richards & Baker, 1993).
- **Βιομηχανίες**, οι οποίες αποτελούν σημειακή πηγή. Συνήθως τα υγρά βιομηχανικά απόβλητα είναι επιβαρημένα/ ή περιέχουν ουσίες αυξημένης τοξικότητας, με αποτέλεσμα η διάθεση στον υγρό αποδέκτη, χωρίς κατάλληλη επεξεργασία, να προκαλεί ρύπανση υψηλού κινδύνου. Η βιομηχανική ρύπανση στην Ελλάδα έχει τις εξής μορφές:
  - I. Οργανική, η οποία επηρεάζει το οξυγόνο των νερών, όπως βιομηχανίες τροφίμων που είναι ανεπτυγμένες στην Ελλάδα.
  - II. Ρύπανση με θρεπτικά, με αποτέλεσμα την εμφάνιση του ευτροφισμού στα νερά, όπως στις βιομηχανίες λιπασμάτων. Οι υψηλές συγκεντρώσεις σε φωσφορικά άλατα, προκαλούν επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα των υδρόβιων ειδών, κυρίως μικροφυκών (Jarvie 2002).
  - III. Ρύπανση με βαρέα μέταλλα, δηλαδή σίδηρος (Fe), χρώμιο (Cr), μόλυβδος (Pb), υδράργυρος (Hg), κάδμιο (Cd), ψευδάργυρος (Zn), μαγγάνιο (Mn), χαλκός (Cu), νικέλιο (Ni), αρσενικό (As) κ.ά. και η κύρια πηγή τους είναι οι χημικές βιομηχανίες και τα βυρσοδεψεία. Η μορφή αυτή ρύπανσης είναι περιορισμένη (Lekkas *et al.* 2004).
  - IV. Θερμική ρύπανση, οφείλεται κυρίως στις βιομηχανικές διεργασίες για ψύξη ή πλύση. Μάλιστα η θερμοκρασία του νερού και κυρίως η υψηλή τιμή της θερμοκρασίας, αποτελεί μία κρίσιμη παράμετρο της ποιότητας του νερού (Rivers-Moore & Jewitt 2006)



- **Τυχαία περιστατικά**, όπως ατυχήματα που συμβαίνουν σε χημικές βιομηχανίες, εργοστάσια, κ.α. κατά την παραγωγή, τη χρήση ή τη μεταφορά διαφόρων ουσιών.

### 1.3.2. Επιπτώσεις της ρύπανσης των υδάτων

Οι βλαπτικές συνέπειες από τη ρύπανση των υδάτων παίρνουν διάφορες διαστάσεις ανάλογα με το είδος, την ποσότητα και τη διάρκεια παραμονής των ρύπων στο περιβάλλον. Έτσι προκαλείται κυρίως το φαινόμενο του ευτροφισμού, το οποίο παρουσιάζεται σε λίμνες, σε κλειστούς αβαθείς κόλπους ή στις εκβολές των ποταμών, κάτω από ορισμένες συνθήκες. Όταν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές (μεγάλες συγκεντρώσεις θρεπτικών συστατικών, υψηλή ηλιακή ακτινοβολία, χαμηλή ροή και μεγάλη διαφάνεια του νερού) παρατηρείται σημαντική αύξηση του πλαγκτού και το νερό χρωματίζεται πράσινο ή καφέ. Δεσμεύεται το διοξείδιο του άνθρακα, που βρίσκεται σε διάλυση στο νερό, από τους πλαγκτονικούς οργανισμούς κατά τη φωτοσύνθεση, με αποτέλεσμα τα ιόντα  $\text{HCO}_3^-$  να μετατρέπονται σε ιόντα  $\text{CO}_3^{2-}$  τα οποία σχηματίζουν ανθρακικές ενώσεις και που κατακάθονται στον πυθμένα (Wade *et al.*, 2002). Το αποτέλεσμα είναι να μεταβάλλεται η πανίδα και η χλωρίδα των νερών και η θέα τους να είναι ιδιαίτερα αντιαισθητική. Επακόλουθο του ευτροφισμού είναι η προοδευτική επιδείνωση της ποιότητας του νερού, η μείωση της αισθητικής του αξίας, οι περιορισμένες δυνατότητες για ψυχαγωγία.

Η εντατική εισαγωγή αζώτου και φωσφόρου μπορεί να επιδράσει καταστροφικά στην οικολογία των ποταμών, αφού και τα δύο συνδέονται άμεσα με το πρόβλημα του ευτροφισμού. Οι υψηλές συγκεντρώσεις σε νιτρικά άλατα, προκαλούν ανησυχία και καθιστούν το νερό ακατάλληλο για πόση (Whitehead *et al.*, 2002). Γενικά παρατηρούνται χρονικές και χωρικές μεταβολές των συγκεντρώσεων του αζώτου και φωσφόρου στα νερά των ποταμών (Ferrier *et al.*, 2001), οι οποίες θα σχετίζονται με την εντατική καλλιέργεια και την προστασία και αύξηση των παραγόμενων προϊόντων, ενώ παράλληλα οι μεταβολές αυτές θα εξαρτώνται και από την πυκνότητα του τοπικού πληθυσμού, καθώς και τα επίπεδα ζωικού κεφαλαίου (Whitehead, 2002; Wade, 2003).

Στη χώρα μας, οι απορροφητικές δεξαμενές (βόθροι), που εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται σε μεγάλο ποσοστό σε ημιαστικές και αγροτικές περιοχές, αποτελούν μη ενδεδειγμένο μέσο διάθεσης των ακάθαρτων νερών, αφού με το μικροβιακό τους φορτίο (σαλμονέλα, κ.λ.π.) ρυπαίνουν τα ποτάμια, τις λίμνες, τη θάλασσα, το έδαφος και κυρίως τα υπόγεια νερά (Arvanitidou *et al.*, 2005). Μάλιστα, το συγκεκριμένο βακτήριο της Σαλμονέλας έχει αποδειχθεί επικίνδυνο για τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον (Baudart *et al.*, 2000). Βέβαια συνήθως, τα μικρόβια και οι ιοί βρίσκουν αφιλόξενο περιβάλλον στο θαλασσίνο νερό και γρήγορα αδρανοποιούνται (Readman *et al.*, 1997).

Τα βαρέα μέταλλα, τα φυτοφάρμακα, παρασιτοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, που προέρχονται από βιομηχανικά απόβλητα, όπως υφαντουργεία, βιομηχανίες επεξεργασίας τροφών και από γεωργικές χρήσεις, προκαλούν ανασχεση της ανάπτυξης και της φωτοσύνθεσης, εκλεκτική συσσώρευση και απορρόφηση σε ορισμένα υδρόβια είδη. Η ρύπανση από βαρέα μέταλλα σε ελληνικά υδάτινα οικοσυστήματα είναι σχετικά χαμηλή και σε παραπλήσια επίπεδα με εκείνα που δίνονται διεθνώς για περιοχές με σχετικά μικρή ρύπανση (Lekkas *et al.* 2004).

Τέλος, κατά τη θερμική ρύπανση, μειώνεται το διαλυμένο οξυγόνο στο νερό, αυξάνεται η τοξικότητα των χημικών ρυπαντών, επιταχύνεται ο ρυθμός των φυσιολογικών λειτουργιών στους οργανισμούς και συχνή κατάληξη το θάνατο αυτών. Γενικά η θερμοκρασία των νερών συνδέεται άμεσα με την επιβίωση των υδρόβιων οργανισμών (Claska & Gilbert, 1998; Sullivan *et al.*, 2000). Παρόλα αυτά όμως, σαφώς σοβαρότερη θεωρείται η χημική ρύπανση του νερού από βιομηχανικά απόβλητα, αστικά λύματα και γεωργικές απορροές.

#### 2.4. Ρύπανση κι ελληνικά ποτάμια

Η ποιότητα των επιφανειακών νερών αποτελεί πλέον σήμερα ένα θέμα κοινού προβληματισμού της επιστημονικής, και όχι μόνον, κοινότητας. Τα ποταμίσια νερά επιβαρύνονται από βιομηχανικά, αστικά απόβλητα κι από αγροχημικά υπολείμματα. Η ποιότητα των επιφανειακών νερών σε μια περιοχή καθορίζεται κατά ένα μεγάλο μέρος από τις ανθρωπογενείς επιρροές, δηλαδή αστικές, βιομηχανικές και γεωργικές δραστηριότητες και την αυξανόμενη εκμετάλλευση των υδάτινων πόρων (Carpenter *et al.*, 1998; Jarvie *et al.* 1998). Τα ποταμίσια νερά λοιπόν εμπλουτίζονται με βαρέα μέταλλα, φυτοφάρμακα, οργανικό υλικό, θρεπτικά στοιχεία, κ.λ.π. Παρόλα αυτά ο εμπλουτισμός του νερού με ρύπους, όπως και η παραμονή των ρύπων στο νερό σχετίζονται άμεσα με τη ροή του νερού, άρα και με την εποχή (Vega *et al.*, 1998).

Η ποιότητα των ποταμίσιων νερών θα επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως :

- **Σύσταση των πετρωμάτων.** Τα ποτάμια που διαρρέουν μαγματικά και μεταμορφωμένα πετρώματα, όπως αυτά της Βόρειας Ελλάδας, παρουσιάζουν χαμηλότερες συγκεντρώσεις ασβεστίου και οξυανθρακικών ενώ παρουσιάζουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις νατρίου, καλίου και πυριτίου. Αντίθετα, στα ποτάμια της δυτικής Ελλάδας, στα οποία δεν παρουσιάζονται τέτοιου είδους πετρώματα οι συγκεντρώσεις των πυριτίου, μαγνησίου και νατρίου είναι μειωμένες (Skoulikidis 1993).
- **Κλιματολογικές συνθήκες,** επειδή αυτές καθορίζουν τα προϊόντα αποσάθρωσης και επηρεάζουν τη χημική σύσταση του εδάφους (Skoulikidis, 1993).
- **Ανάγλυφο της περιοχής.** Ορεινά ποτάμια ή τμήματα ποταμών χαρακτηρίζονται από χαμηλές συγκεντρώσεις κύριων ιόντων σε σύγκριση με πεδινά ποτάμια ή πεδινά τμήματα (Σκουλικίδης 1997). Μερικοί παράγοντες που προκαλούν αύξηση της περιεκτικότητας του νερού σε κύρια ιόντα προς τα κατάντη είναι η αύξηση της ρύπανσης, η αύξηση του ποσοστού της βασικής απορροής, που είναι εμπλουτισμένη με διαλυμένα συστατικά, η χρήση του επιφανειακού και υπόγειου νερού στις καλλιέργειες, που οδηγεί στην αλάτωση του εδάφους, η διείδυση του θαλασσινού νερού κοντά στην παράκτια ζώνη (Σκουληκίδης 1997).
- **Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα,** τα οποία προσφέρουν μέρος των ιόντων, κ.λ.π. των ποταμών.
- **Ρύπανση,** για την οποία γίνεται ειδική αναφορά παραπάνω. Αξίζει όμως να αναφέρουμε πως μετά από μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε λίμνες και ποτάμια,

βρέθηκε ότι τα ποτάμια είναι περισσότερο ρυπασμένα σε σχέση με τα λιμναία συστήματα, όσον αφορά σε παραμέτρους που σχετίζονται με επιβαρύνσεις από λιπάσματα και φυτοφάρμακα. Επίσης παρατηρήθηκε μία εποχιακή μεταβολή στην ανίχνευση των συγκεντρώσεων των φυτοφαρμάκων με μέγιστες τιμές την άνοιξη και το καλοκαίρι και μειωμένες τιμές κατά τη διάρκεια του χειμώνα (Konstantinou *et al.*, 2005).

- **Εποχή**, γιατί η Ελλάδα είναι μία ηλιόλουστη χώρα, με αποτέλεσμα την άνοιξη και το καλοκαίρι όταν η ροή των νερών είναι μικρή, και η προσφορά θρεπτικών ενώσεων είναι μεγάλη, να εμφανίζεται το φαινόμενο του ευτροφισμού.
- Θα μπορούσαμε να προσθέσουμε στους παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των ελληνικών ποταμών ακόμη και τη ρύπανση που πιθανόν να οφείλεται από **γειτονικές χώρες** ύστερα από τις αντίστοιχες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στους ποταμούς Έβρος και Αξιός, όπου κι ανιχνεύθηκαν υψηλές τιμές οργανοχλωριωμένων λιπασμάτων ( Angelidis & Albanis, 1996; Golfinopoulos *et al.*, 2003).

Μετά από μελέτη (Σκουληκίδης, 1997) που πραγματοποιήθηκε στο χρονικό διάστημα 1983-1984 σχετικά με τις συγκεντρώσεις σε βαρέα μέταλλα, νιτρικά, φωσφορικά, θειικά, οργανικό άνθρακα, και ποσοστό % κορεσμού του οξυγόνου, προσδιορίστηκε ο βαθμός ρύπανσης των μεγαλύτερων ποταμών της χώρας (Πίνακας 3). Αξίζει να αναφερθούν κάποια από τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης, με τη βοήθεια των οποίων οι ποταμοί κατατάχθηκαν με κριτήριο το επίπεδο ρύπανσης. Από τον πίνακα φαίνεται ότι ο πιο επιβαρυσμένος ποταμός στην Ελλάδα είναι ο Έβρος (βαθμός ρύπανσης 8), ο οποίος παρουσίασε τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις νιτρικών, καλίου, νατρίου και θειικών ιόντων. Στη συνέχεια έρχεται στην κλίμακα ρύπανσης ο Αξιός (βαθμός ρύπανσης 4,9), ο οποίος μπορεί να έχει χαμηλότερο βαθμό ρύπανσης από τον Έβρο, βρέθηκε όμως να είναι περισσότερο επιβαρυσμένος από φωσφορικά ιόντα.

Η ποιότητα των ποταμίσιων νερών των Αλφειός και Πηνειός έχουν διερευνηθεί επίσης με κριτήριο επιλεγμένους βιοτικούς δείκτες. Οι μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί κατά ποικίλα χρονικά διαστήματα και σύμφωνα με τα ληφθέντα συμπεράσματα, η ποιότητα των νερών και στους δύο ποταμούς κυμαίνεται από κακή έως και καλή (Πιορουλίου-Georgudaki *et al.*, 2003).

Είναι σημαντικό να αναφερθεί εδώ ότι στα πλαίσια πτυχιακών εργασιών του τμήματος Περιβάλλοντος, έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες σχετικά με τον ποταμό Έβρο, για την εποχιακή διακύμανση των φυσικοχημικών παραμέτρων στο δέλτα του ποταμού (Αθανασιάδης 1993), αλλά και κατά μήκος του (Κούρου 2000). Εκτός από τον Έβρο αντικείμενο μελέτης έγινε κι ο ποταμός Αγγίτης του Ν. Δράμας σχετικά με την επιρροή και την επιβάρυνση της υδρολογικής λεκάνης από γεωργικά φάρμακα (Τσοκαταρίδου, 1993).

**Πίνακας 3:** Βαθμός ρύπανσης των μεγαλύτερων ποταμών του Ελλαδικού χώρου

Ποταμός	Βαθμός ρύπανσης
Έβρος	8,0
Αξιός	4,9
Γαλλικός	4,4
Άρδας	4,1
Στρυμόνας	3,6
Νέστος	3,2
Σπερχειός	3,0
Αγγίτης	2,7
Πηνειός	2,6
Λούρος	2,4
Αλιάκμονας	2,3
Αρκουδόρεμμα	1,9
Πηγές Λούρου	1,9
Αχελώος	1,8
Πηγές Σπερχειού	1,0

ΠΗΓΗ: Σκουλικίδης, 1997

### 3. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Λόγω έλλειψης πληροφορίας των συχνών φαινόμενων του ευτροφισμού στον παράκτιο χώρο του κόλπου Καλλονής, που έχουν διαπιστωθεί από προηγούμενες μελέτες, δόθηκε η ευκαιρία να μελετηθεί ο ευτροφισμός. Έτσι επιλέχθηκαν από το σύνολο των ποταμοχειμάρρων, που καταλήγουν στον Κόλπο της Καλλονής οι εξής τρεις ποταμοχείμαρροι: Ποταμιά, Τσικνιάς και Βούβαρης, γιατί φαίνονται να είναι οι πιο σημαντικοί όσον αφορά το μήκος και την παροχή τους, αλλά και γιατί δέχονται ανθρωπογενείς πιέσεις κατά μήκος τους (Μανδυλάς 1998) ή δέχτηκαν στο παρελθόν, όπως είναι ο Βούβαρης. Για το σκοπό αυτό λοιπόν επιχειρείται να ταξινομηθούν τα ποτάμια αυτά οικοσυστήματα με τη βοήθεια της ιεραρχικής ομαδοποίησης, λαμβάνοντας υπόψη κάποιες οικολογικές παραμέτρους, οι οποίες χαρακτηρίζουν τα συστήματα ως προς την κατάσταση τους την ευτροφική. Οι δειγματοληψίες επιλέχθηκαν να πραγματοποιηθούν από 16-02-06 έως και 19-05-06, δηλαδή σε περιόδους κατά τις οποίες παρατηρείται συνήθως μέγιστη ροή του νερού μέχρι και την εποχή, που η ποσότητα του νερού μειώνεται σημαντικά έως και μηδενίζεται, ώστε να φανούν τα φορτία αζώτου και φωσφόρου. Ειδικότερος στόχος της εργασίας είναι η διερεύνηση των φυσικών κι ανθρωπογενών επιδράσεων στα ποτάμια οικοσυστήματα και κατά συνέπεια στον παράκτιο χώρο του κόλπου Καλλονής, στα σημεία που εκβάλλουν οι τρεις ποταμοχείμαρροι, με τη μέθοδο της ιεραρχικής ομαδοποίησης. Η μελέτη τους επίσης παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, γιατί κάτι παρόμοιο δεν έχει γίνει για τα ποτάμια του κόλπου Καλλονής και γενικά για τα ποτάμια της Λέσβου, εκτός από μία πτυχιακή εργασία σχετικά με τον ποταμό Ευεργέτουλα στον κόλπο της Γέρας (Αραμπατζή, 2005).

### 3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

#### 3.1. Λεκάνη απορροής Κόλπου Καλλονής

Ο κόλπος της Καλλονής, κατεξοχήν αβαθής κόλπος, βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα της νήσου Λέσβου, με γεωγραφικές συντεταγμένες γεωγραφικού μήκους 28° 11' έως 28° 13' Α και γεωγραφικού πλάτους 38° 12' έως 39° 13' Β. Είναι ο μεγαλύτερος από τους δύο ημίκλειστους κόλπους της Λέσβου με συνολική επιφάνεια 115 km<sup>2</sup>. Το μήκος του κόλπου είναι περίπου 20 km και το πλάτος του κυμαίνεται από 1 έως 6 km. Η σύνδεση του κόλπου με το Αιγαίο γίνεται μέσω ενός στενού διαύλου επικοινωνίας, πλάτους 0,7 km και μήκους 4 km. Το μέσο βάθος του είναι περίπου 10m, και το μέγιστο είναι περίπου 25m, και συναντάται στην είσοδο του κόλπου (Panayotidis *et al.*, 1999). Στο παράκτιο τμήμα του κόλπου της Καλλονής τα νερά είναι αβαθή, με την ισοβαθή των 5 m να βρίσκεται σε απόσταση 250m από την ακτή. Στην περιοχή αυτή εκβάλλουν οι σημαντικότεροι χειμάρροι της ευρύτερης περιοχής που αποθέτουν μεγάλες ποσότητες φερτών υλικών.

Το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό, με ήπιους βροχερούς χειμώνες και σχετικά θερμά καλοκαίρια. Σύμφωνα με τα κλιματολογικά στοιχεία της Ε.Μ.Υ. η μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα είναι 17.6 °C, με χαμηλότερη θερμοκρασία τον Ιανουάριο (μέση θερμοκρασία 9.6 °C) και υψηλότερη τον Ιούλιο (μέση θερμοκρασία 26.5 °C). Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 675mm (Panayotidis *et al.*, 1999).

Περιμετρικά του Κόλπου έχουν αναπτυχθεί οι οικισμοί της περιοχής, οι οποίοι στην πλειοψηφία τους βρίσκονται εντός της λεκάνης απορροής του Κόλπου Καλλονής, που είναι η πιο μεγάλη σε έκταση της Λέσβου. Το όνομα της περιοχής και του σχετικού οικισμού πιθανόν να προέρχεται από το «Καλλ – ονή» που σημαίνει νερότοπος (Διαλεκτού, 1982). Η περιοχή της Καλλονής, και ειδικότερα η παράκτια ζώνη, στην οποία περιλαμβάνονται και οι αλυκές Καλλονής, έχει ενταχθεί στο πρόγραμμα NATURA 2000 και θεωρείται προστατευόμενη (Μανδυλάς & Καρδακάρη, 2000).

#### 3.1.1. Δημογραφικά στοιχεία

Η περιοχή μελέτης υπάγεται διοικητικά στο Νομό Λέσβου με έδρα τη Μυτιλήνη και εντάσσεται διοικητικά στην περιφέρεια του Βορείου Αιγαίου. Μετά την εφαρμογή του Ν.2539/97 («Συγκρότηση της Πρωτοβάθμιας Τοπικής Αυτοδιοίκησης») για τη συνένωση Δήμων και Κοινοτήτων, όλοι οι οικισμοί της περιοχής υπάγονται, ως Δημοτικά Διαμερίσματα (Δ.Δ.), σε τρεις Δήμους:

- Δ. Καλλονής : Δ.Δ. Άγρας, Αρίσβης, Ανεμότιας, Δαφίων, Καλλονής, Κεραμίου, Παρακοίλων
- Δ. Αγίας Παρασκευής: Δ.Δ. Αγίας Παρασκευής, Νάπη
- Δ. Πολιχνίτου : Δ.Δ. Πολιχνίτου, Βασιλικών, Βρίσας, Λισβορίου, Σταυρού

Σύμφωνα με τα επίσημα δημοσιευμένα στοιχεία της τελευταίας απογραφής του 2001 ο συνολικός πληθυσμός της περιοχής μελέτης ανέρχεται σε 12.808 κατοίκους. Τα στοιχεία αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 4. Αξίζει να αναφερθεί ότι τα τελευταία σαράντα

χρόνια ο πληθυσμός μειώθηκε σε αρκετά μεγάλο ποσοστό, περίπου 29.17%. Η μεγαλύτερη μείωση βέβαια, παρατηρείται κατά τη δεκαετία 1961–1971 (μείωση 18.7%), η οποία οφείλεται στο φαινόμενο της μετανάστευσης, που εμφανίστηκε ιδιαίτερα έντονο στις απομακρυσμένες περιοχές της χώρας και στο νησιωτικό χώρο εκείνη την περίοδο. Στις δεκαετίες που ακολούθησαν τα ποσοστά της πληθυσμιακής μείωσης ήταν μικρότερα (1971–1981: 15.18%, 1981–1991: 4.7%). Στη συνέχεια όμως, την τελευταία δεκαετία 1991–2001 παρατηρείται μία μικρή πληθυσμιακή αύξηση, της τάξης του 7.8% κυρίως στο Δήμο Καλλονής, η οποία αποδίδεται στην ανάπτυξη της τουριστικής δραστηριότητας και άλλων συναφών δραστηριοτήτων. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία νέων προοπτικών απασχόλησης οι οποίες απέτρεψαν, με τη σειρά τους, τον νεότερο πληθυσμό της ευρύτερης περιοχής από τη μετανάστευση. Το 14.5% του συνολικού πληθυσμού είναι ηλικίας 0–14 ετών, το 61% είναι ο πληθυσμός που ανήκει στις παραγωγικές ηλικίες (15–64 ετών) και το υπόλοιπο 24.5% είναι άνω των 65 ετών (Δημοπούλου 2004).

**Πίνακας 4:** Πληθυσμός Δήμων και Δημοτικών Διαμερισμάτων της περιοχής μελέτης.

Έτος	1961	1971	1981	1991	2001
<b>Δήμος Καλλονής</b>	<b>7.171</b>	<b>5.868</b>	<b>5.325</b>	<b>5.292</b>	<b>6.317</b>
Δ.Δ. Άγρας	1.319	1.232	1.051	1.000	1.030
Δ.Δ. Αρίσβης	624	507	426	462	465
Δ.Δ. Δαφίων	1.074	857	858	767	869
Δ.Δ. Καλλονής	2.043	1.652	1.553	1.604	2.027
Δ.Δ. Κεραμίου	717	515	394	411	1.000
Δ.Δ. Παρακοιλών	1.394	1.105	1.043	1.048	926
<b>Δήμος Αγ. Παρασκευής</b>	<b>3.753</b>	<b>2.967</b>	<b>2.470</b>	<b>2.457</b>	<b>2.346</b>
Δ.Δ. Αγ. Παρασκευής	3.753	2.967	2.470	2.457	2.346
Δ.Δ. Νάπης ????					
<b>Δήμος Πολιχνίτου</b>	<b>7.160</b>	<b>5.867</b>	<b>4.675</b>	<b>4.133</b>	<b>4.145</b>
Πολιχνίτος	5.131	4.152	3.342	3.008	2.975
Βασιλικά	1.174	935	699	563	608
Λισβόρι	855	780	634	562	562
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>18.084</b>	<b>14.702</b>	<b>12.470</b>	<b>11.882</b>	<b>12.808</b>

(Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε., 2001)

### 3.1.2. Τεχνική υποδομή

#### α. Οδικό δίκτυο

Η περιοχή μελέτης εξυπηρετείται από την 36<sup>η</sup> Εθνική οδό Μυτιλήνης – Καλλονής, η οποία τα τελευταία χρόνια έχει βελτιωθεί πάρα πολύ. Εκτός από αυτό υπάρχουν και οι επαρχιακοί οδοί, οι οποίοι είναι κακής βατότητας και συνδέουν τα αγροτικά κέντρα της περιοχής και τους υπόλοιπους οικισμούς. Το δασικό οδικό δίκτυο στην ευρύτερη περιοχή

μελέτης είναι αρκετά εκτενές και χρησιμοποιείται ως αντιπυρικές ζώνες σύμφωνα με το σχέδιο δασοπυρόσβεσης της Δ/σης Δασών Λέσβου.

#### **β. Συγκοινωνίες – μεταφορές**

Η περιοχή μελέτης εξυπηρετείται από υπεραστικές συγκοινωνίες. Κατά τη διάρκεια της τουριστικής περιόδου, ο αριθμός των δρομολογίων σχεδόν διπλασιάζεται προς τις πλέον τουριστικές περιοχές. Οι θαλάσσιες συγκοινωνίες και μεταφορές υποστηρίζονται αποκλειστικά από το λιμάνι της Μυτιλήνης και του Σιγρίου. Τέλος, οι εναέριες συγκοινωνίες υποστηρίζονται από το αεροδρόμιο της Μυτιλήνης.

#### **γ. Επεξεργασία & Διάθεση αστικών - βιομηχανικών αποβλήτων**

Οι οικισμοί της περιοχής του Κόλπου Καλλονής, στην πλειοψηφία τους, δε διαθέτουν Μονάδες επεξεργασίας των λυμάτων τους. Τα αστικά λύματα καταλήγουν, είτε σε υδατορεύματα, είτε στον υδροφόρο ορίζοντα μέσω απορροφητικών βόθρων, με τελικό αποδέκτη τον κόλπο Καλλονής. Στο Δήμο Καλλονής έχει ξεκινήσει το έργο της Μονάδας Επεξεργασίας Λυμάτων (ΜΕΛ), όπου έχει ήδη ολοκληρωθεί η κατασκευή της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων στην θέση Λοτζάρια, κοντά στο νοτιοδυτικό άκρο της αλυκής Καλλονής, το δίκτυο της Σκάλας Καλλονής και είναι σε εξέλιξη τα δίκτυα και τα αντλιοστάσια της Αρίσβης και της Καλλονής (Πηγή: Δήμος Καλλονής). Η επιλεγείσα μέθοδος επεξεργασίας είναι της ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό. Στην εγκατάσταση προβλέπεται να οδηγούνται τα λύματα των οικισμών Αρριανά, Παπιανά, Κεράμι, (Σκάλα Καλλονής), της Καλλονής, των Δαφίων και της Αρίσβης, καθώς και τα απόβλητα των βιοτεχνικών μονάδων της περιοχής. Ως αποδέκτης των επεξεργασμένων λυμάτων έχει οριστεί ο χείμαρρος του Τσικινιά που βρίσκεται σε απόσταση 1.300 m δυτικά της εγκατάστασης. Η παραγόμενη λάσπη προβλέπεται να διατίθεται σε οργανωμένο χώρο απόθεσης απορριμμάτων, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία (Α.Π. 34707/9-7-96). Αντίστοιχα προγραμματιζόμενα έργα έχουν ήδη ξεκινήσει και για τις περιοχές της Αγίας Παρασκευής (μεταφορά των λυμάτων στην ΜΕΛ Καλλονής) και για την περιοχή του Πολιχνίτου (κατασκευή μονάδας επεξεργασίας λυμάτων). Ωστόσο, τα απόβλητα της περιοχής της Αγ. Παρασκευής διοχετεύονται στον κόλπο μέσω περιμετρικής τάφρου των αλυκών Καλλονής, όπου παρατηρούνται έντονα φαινόμενα δυσοσμίας κατά το καλοκαίρι.

Το υφιστάμενο σύστημα διαχείρισης απορριμμάτων χαρακτηρίζεται ως αποκεντρωτικό, τόσο ως προς το τμήμα συλλογής και μεταφοράς, όσο και ως προς το τμήμα της τελικής διάθεσης. Το κάθε Δημοτικό Διαμέρισμα έχει την ευθύνη διαχείρισης των απορριμμάτων που παράγει. Για την διάθεση των απορριμμάτων υπάρχει αντιστοιχία ενός ΧΔΑ για κάθε Δημοτικό Διαμέρισμα. Μόνο στο Δήμο Μυτιλήνης υπάρχει κοινός χώρος διάθεσης για πέντε Δ.Δ. Η συλλογή πραγματοποιείται κυρίως από ιδιώτες, κατόπιν ετήσιας σύμβασης με τα Δ.Δ. Πρόσφατα, ενεργοποιήθηκαν διαδικασίες που απαιτούνται για την κατασκευή του κεντρικού Χώρου Υγειονομικής Ταφής και με απόφαση του Νομάρχη Λέσβου (απ.πρωτ. 6125/3.09.1998) και τη θετική γνωμοδότηση του Νομαρχιακού Συμβουλίου εγκρίθηκαν τα πρακτικά της Γνωμοδοτικής Επιτροπής για τον Αχλαδόκαμπο ως κεντρικό ΧΥΤΑ της Λέσβου.



#### δ. Ύδρευση – Άρδευση

Η ύδρευση και η άρδευση των οικισμών στην περιοχή μελέτης γίνεται κυρίως μέσω γεωτρήσεων ή και μέσω πηγών, που υπάρχουν στην περιοχή. Για άρδευση επιπλέον έχει κατασκευαστεί μία εξωποτάμια λιμνοδεξαμενή στο Κεράμι του Δήμου Καλλονής.

#### 3.1.3. Κοινωνική υποδομή – Πολιτιστικό περιβάλλον

Στην περιοχή μελέτης υπάρχουν δύο κέντρα υγείας, ένα στην Καλλονή και ένα στον Πολίχνιτο, ενώ οι υπόλοιποι οικισμοί καλύπτονται από 4 αγροτικά ιατρεία τα οποία βρίσκονται στην Αγία Παρασκευή, στα Παράκοιλα, στην Άγρα και στα Βασιλικά. Επίσης υπάρχουν οκτώ Δημοτικά σχολεία (Αγ. Παρασκευή, Άγρα, Καλλονή, Παράκοιλα, Βασιλικά, Λισβόρι, Πολίχνιτος), τέσσερα Γυμνάσια (Αγ. Παρασκευή, Άγρα, Καλλονή, Πολίχνιτος) και τρία Λύκεια (2 στην Καλλονή και 1 στον Πολίχνιτο). Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι στην περιοχή μελέτης, όπως και σε ολόκληρη τη Λέσβο, υπάρχουν πολλοί αρχαιολογικοί χώροι και μνημεία τα περισσότερα των οποίων βρίσκονται υπό καθεστώς προστασίας.

#### 3.1.4. Οικονομική ζωή

Γενικά οι άνθρωποι έχουν πολλές ανάγκες, τις οποίες προσπαθούν να καλύψουν με την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών. Η παραγωγή αυτή μπορεί να χωριστεί σε τρεις τομείς: τον πρωτογενή, τον δευτερογενή και τον τριτογενή τομέα. Στον σύγχρονο τρόπο ζωής βέβαια οι τρεις τομείς της παραγωγής συνδέονται άμεσα μεταξύ τους και δεν μπορεί να υπάρξει ο ένας χωρίς τον άλλον.

#### α. Πρωτογενής τομέας

Η γεωργία αποτελεί την κύρια δραστηριότητα των κατοίκων της περιοχής μελέτης. Οι χρησιμοποιούμενες γεωργικές εκτάσεις καταλαμβάνουν συνολική έκταση 120.369,8 στρεμμάτων, σύμφωνα με την τελευταία απογραφή γεωργίας – κτηνοτροφίας 1999 - 2000. Συνοπτικά, η κατανομή της χρησιμοποιούμενης γεωργικής γης στην περιοχή μελέτης για το 1999 – 2000 φαίνεται στον πίνακα 5.

Πίνακας 5 : Κατανομή γεωργικής γης στην περιοχή μελέτης.

Είδος καλλιέργειας	Έκταση (στρέμματα)
Ετήσιες καλλιέργειες	17.017,5
Δενδρώδεις καλλιέργειες	73.026,9
Αμπέλια & σταφιδάμπελα	436,0
Αγροναπαύσεις	1.253,0
Οικογενειακοί λαχανόκηποι	512,2
Σύνολο	92.245,6

(Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε., 2000)

Η κτηνοτροφική δραστηριότητα της περιοχής είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένη κι αποτελεί ένα μεγάλο ποσοστό της συνολικής κτηνοτροφίας του νησιού της Λέσβου. Είναι κυρίως εκτατικής μορφής, με ιδιαίτερα ανεπτυγμένη την εκτροφή προβάτων κι αιγοειδών. Τα Δημοτικά Διαμερίσματα Αγίας Παρασκευής και Άγρας αποτελούν κατεξοχήν κτηνοτροφικές περιοχές, αφού συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο ποσοστό του ζωικού κεφαλαίου και των κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων. Βασικό ρόλο στην κτηνοτροφία της περιοχής διαδραματίζει η αφθονία των εκτάσεων, που χαρακτηρίζονται ως βοσκότοποι, καθώς και των λειβαδικών εκτάσεων, που εκτείνονται περιμετρικά του κόλπου, και οι οποίες καταλαμβάνουν έκταση 87.852 στρεμάτων, σύμφωνα με την απογραφή γεωργίας – κτηνοτροφίας έτους 1999/2000.

Συνοπτικά, η κατανομή των ειδών εκμετάλλευσης στην περιοχή μελέτης για το 1999 – 2000 έχει ως εξής:

**Πίνακας 6 :** Κατανομή ζώων στην περιοχή μελέτης.

Είδη εκτρεφόμενων ζώων	Αριθμός κεφαλών 1999-2000
Βοοειδή	904
Προβατοειδή	85.402
Αίγες	13.736
Χοίροι	751
Ιπποειδή & όνοι	721
Κουνέλια	305
Πουλερικά	26.611
Κυψέλες μελισσών	565

(Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε., 2000)

Στον κόλπο Καλλονής λειτουργούν τα δύο μεγαλύτερα αλιευτικά κέντρα, που είναι η Σκάλα Πολιχνίτου και η Σκάλα Καλλονής. Εκτός από αυτά, σ' όλη την περίμετρο του κόλπου υπάρχουν κι άλλα μικρότερα λιμάνια όπως η Νυφίδα, η Αποθήκα, η Σκάλα Βασιλικών και η Σκάλα Παρακοίλων. Η διακίνηση των αλιευτικών προϊόντων γίνεται με τον παραδοσιακό τρόπο, δηλαδή είτε απ' ευθείας στον καταναλωτή, είτε μέσω τοπικών εμπόρων, με αποτέλεσμα το σύνολο της παραγωγής να καταναλώνεται στην τοπική αγορά και στην αγορά της Μυτιλήνης.

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μείωση της αλιευτικής παραγωγής, γεγονός που προκαλεί έντονο προβληματισμό στους αρμόδιους, αφού όπως είναι γνωστό η αλιευτική δραστηριότητα αποτελεί έναν από τους κυριότερους πλουτοπαραγωγικούς πόρους της περιοχής. Κάποιες από τις πιθανές αιτίες για την κατάσταση που έχει διαμορφωθεί φέρονται να είναι αφ' ενός μεν η υποβάθμιση του Κόλπου Καλλονής από διάφορες ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης/ όχλησης, και αφ'ετέρου οι προβληματικές και ατυχείς πολιτικές διαχείρισης των φυσικών αποθεμάτων και αλιευτικών πόρων του κόλπου.

Τα δασικά συστήματα της περιοχής μελέτης είναι το συνιδιόκτητο δάσος Βουβαρίου, το δάσος Ριζώνα και ένα μικρό τμήμα του δημοσίου δάσους Πασπαλά, του δάσους

Μεγάλης Λίμνης και του δάσους Αχλαδερίης. Η δασική παραγωγή συμμετέχει στην ακαθάριστη αξία της γεωργικής παραγωγής με ένα ποσοστό μόλις 1%.

### **β. Δευτερογενής Τομέας**

Περιλαμβάνει την παραγωγή αγαθών ύστερα από επεξεργασία ακατέργαστων ή ελάχιστα κατεργασμένων υλικών (αλυκές, βιομηχανία, βιοτεχνία, ελαιοτριβεία, τυροκομεία).

Οι αλυκές Καλλονής και Πολιχνίτου αποτελούν βασική πηγή πλούτου, που απασχολεί εποχιακά πολλούς εργαζόμενους και παράγει αρκετούς τόνους άλατος. Οι εγκαταστάσεις των αλυκών Καλλονής καταλαμβάνουν συνολικά έκταση 2,5 τετραγωνικά χιλιόμετρα και αποτελούν την τρίτη σε μέγεθος αλυκή στην Ελλάδα. Παράλληλα, η ετήσια παραγωγή αλατιού κυμαίνεται μεταξύ 30.000 και 40.000 τόνων. Οι εγκαταστάσεις των αλυκών Πολιχνίτου καταλαμβάνουν συνολικά έκταση 0.6 τετραγωνικά χιλιόμετρα και η ετήσια παραγωγή αλατιού είναι περίπου 10.000 τόνους.

Στον τομέα αυτό, οι περισσότερες επιχειρήσεις είναι προσωπικές και οικογενειακές μονάδες μικρού μεγέθους που παράγουν προϊόντα για την τοπική αγορά. Ασχολούνται κυρίως με παραγωγή ειδών διατροφής, ποτών, ενδυμάτων – υφαντών, ξύλου και οικοδομικών υλικών (9 ελαιοτριβεία, 9 τυροκομεία, 3 σφαγεία, 2 μονάδες επεξεργασίας, πλύσης και βαφής συνθετικών νημάτων μονάδες επεξεργασίας μαρμάρων). Στην περιοχή μελέτης λειτουργούν εννέα ελαιοτριβεία, εκ των οποίων μεγαλύτερης δυναμικότητας είναι εκείνα της Αγ. Παρασκευής και των Παρακοίλων. Τα απόβλητα των ελαιοτριβείων, τα οποία είναι πλούσια σε οργανικό φορτίο, διατίθενται ανεπεξέργαστα σε παρακείμενα ρέματα και καταλήγουν τελικά στον κόλπο Καλλονής. Επίσης λειτουργούν 4 τυροκομεία, από τα οποία το ένα βρίσκεται στην περιοχή της Αγ. Παρασκευής και παρουσιάζει μεγάλη δυναμικότητα.

### **γ. Τριτογενής τομέας**

Περιλαμβάνει δραστηριότητες που εξυπηρετούν μία ανάγκη χωρίς να παράγεται κάποιο υλικό προϊόν, προσφέρει όμως κυρίως εξυπηρέτηση, όπως το εμπόριο, οι μεταφορές κι άλλες υπηρεσίες (επικοινωνίες, ταχυδρομεία, τουρισμός, τράπεζες, ασφάλειες, κ.λ.π.)

Ένας αξιόλογος αριθμός εργαζομένων και επιχειρήσεων δραστηριοποιούνται στον τομέα του εμπορίου, των εστιατορίων και των ξενοδοχείων. Σύμφωνα με τα στοιχεία που είναι καταγεγραμμένα στο Εμπορικό Επιμελητήριο Μυτιλήνης για το 2006 και αφορούν στην περιοχή μελέτης, το 35.5% του συνόλου των επιχειρήσεων ασχολούνται με το εμπόριο, το 27.4% με τον τομέα της μεταποίησης, το 5.8% με τον τομέα του τουρισμού (πρακτορεία τουρισμού κ.λ.π.) και τέλος, το 31.1% αφορά στον επαγγελματικό τομέα (εκμεταλλεύσεις καφενείων, εστιατορίων κ.λ.π.)

Τα τελευταία χρόνια η τουριστική δραστηριότητα έχει αναπτυχθεί σημαντικά, σε όλη την περιοχή γύρω από τον κόλπο Καλλονής. Με εκτιμήσεις της δημοτικής αρχής φιλοξενούνται στην περιοχή της Σκάλας Καλλονής περίπου 10.000 άτομα καθ' όλη τη διάρκεια της τουριστικής περιόδου, ενώ η πληρότητα κυμαίνεται στο 60-70%. Ο τουρισμός της περιοχής μελέτης είναι βασισμένος στον μαζικό τουρισμό, ενώ πρόσφατα έχουν αρχίσει να αναπτύσσονται κι άλλες μορφές τουρισμού, όπως ο οικοτουρισμός (κυρίως ξένων

τουριστών για την παρατήρηση και φωτογράφιση των πτηνών που φιλοξενεί ο κόλπος Καλλονής κατά καιρούς), ο αγροτουρισμός, ο συνεδριακός, ιαματικός και θρησκευτικός τουρισμός.

### 3.2. Χρήσεις γης – Υδρολογικό δίκτυο

Η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από έντονες διαφοροποιήσεις στις χρήσεις γης, στον τρόπο και στις προοπτικές ανάπτυξης. Έτσι, σύμφωνα με τα στοιχεία της απογραφής της Ε.Σ.Υ.Ε. για το 1991 παρατίθενται στον Πίνακα 7 οι κυριότερες χρήσεις γης (σε χιλιάδες στρέμματα).

Στον πίνακα 7 παρουσιάζονται τα γεωλογικά-υδρολογικά στοιχεία του Κόλπου Καλλονής, ενώ στον πίνακα 8, φαίνονται τα χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης. Τα στοιχεία πάρθηκαν από την Περιβαλλοντική Μελέτη του Κόλπου Καλλονής, που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της ένταξης της περιοχής στο δίκτυο *Natura* (Μανδυλάς & Καρδακάρη, 1998).

Σύμφωνα με τη μελέτη, το ανάγλυφο της περιοχής χαρακτηρίζεται ως πεδινό – ημιορεινό, με υψόμετρο που φθάνει τα 250m περίπου. Στην περιοχή εντοπίζονται και τα κατώτατα, και κυρίως κατακλυζόμενα τμήματα των δύο μεγάλων πεδινών εκτάσεων της περιοχής Καλλονής – Αγίας Παρασκευής και του Πολιχνίτου – Βασιλικών, καθώς και μία στενή παράκτια λωρίδα του κάμπου των Παρακοίλων. Στα πεδινά τμήματα υπάρχει κατά τόπους παράκτια άμμος, μεσόκοκκη έως και χονδρόκοκκη, το πάχος της οποίας δεν ξεπερνά τα 6m και είναι προϊόν θαλάσσιας δράσης. Στην πεδινή παραλιακή ζώνη και ιδιαίτερα στις εκβολές των ποταμοχειμάρρων και στις αλυκές εντοπίζεται σημαντικός αριθμός ελωδών εκτάσεων, οι οποίες κατά τη διάρκεια του χειμώνα κατακλύζονται από τις απορροές των ποταμοχειμάρρων, ενώ σε περιόδους πλήμμης παρατηρείται είσοδος της θάλασσας, με αποτέλεσμα τα νερά των παραπάνω εκτάσεων να χαρακτηρίζονται από γλυκά έως υφάλμυρα.

Η υδρολογία και το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης επηρεάζονται από την τοπική μορφολογία, που έχει καθοριστεί από την τεκτονική δομή και τη φύση των πετρωμάτων. Το πολυσχιδές και σχετικά απότομο ανάγλυφο της ευρύτερης λεκάνης απορροής του κόλπου Καλλονής και οι ραγδαίες βροχοπτώσεις, δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες σχηματισμού ποταμοχειμάρρων, χαρακτηριστικό των οποίων είναι να δημιουργούν στις εκβολές τους, στην παράκτια πεδινή ζώνη, υγροτόπους κι ελώδεις εκτάσεις.

Οι μεγαλύτερες υδρολογικές υπο-λεκάνες της περιοχής είναι του Τσικνιά (91,79 km<sup>2</sup>), του Μυλοποτάμου (50,64 km<sup>2</sup>), των Εννιά Καμάρων (44,99 km<sup>2</sup>), της Ποταμιάς (33,55 km<sup>2</sup>), του Κρυονερίου (27,58 km<sup>2</sup>) και του Βούβαρη (23,89 km<sup>2</sup>), οι οποίες και θα επηρεάζουν το θαλάσσιο χώρο όλου του κόλπου Καλλονής. Στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκαν οι ποταμοχείμαρροι Τσικνιάς, Ποταμιά και Βούβαρης.

Πίνακας 7 : Κυριότερες χρήσεις γης στην περιοχή της Καλλονής.

ΔΗΜΟΙ-ΚΟΙΝΟΤΗΤΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ	Καλλιεργούμενες εκτάσεις & αγραναπαύσεις	Βοσκότοποι ΟΤΑ κοινόχρηστοι	Βοσκότοποι Ιδιωτ., Μοναστ., Κράτους	Δάση	Εκτάσεις καλυπτόμενες από νερό	Εκτάσεις οικισμών, δρόμοι, πλατείες	Άλλες εκτάσεις
<b>Δήμος Καλλονής</b>	<b>149,4</b>	36,3	19,1	71,2	13,1	1,4	3,8	4,5
Δ.Δ. Αγρας	60,3	2,5	8,1	44,3	0,3	0,3	0,5	4,3
Δ.Δ. Αρίσβης	2,6	0,8	0,7	0,7	0	0,1	0,3	0
Δ.Δ. Δαφίων	10,5	4,5	2,9	2,4	0,3	0	0,2	0,2
Δ.Δ Καλλονής	36,6	13	4	14,1	2,9	0,5	2,1	0
Δ.Δ. Κεραμίου	3,5	2,5	0,2	0,1	0	0,2	0,5	0
Δ.Δ. Παρακοίλων	35,9	13	3,2	9,6	9,6	0,3	0,2	0
<b>Δήμος Αγ. Παρασκευής</b>	<b>100,5</b>	33,2	0,7	12,8	50,7	2,3	0,6	0,2
Δ.Δ Αγ. Παρασκευής	100,5	33,2	0,7	12,8	50,7	2,3	0,6	0,2
<b>Δήμος Πολιχνίτου</b>	<b>125,6</b>	58,3	3,9	26,7	24,5	4,4	6,4	1,4
Πολιχνίτος	64,5	36,4	0,1	19,3	0,2	4	4,4	0,1
Βασιλικά	48,1	13,7	3,5	5	24,3	0,2	1,4	0
Λισβόρι	13	8,2	0,3	2,4	0	0,2	0,6	1,3
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>375,5</b>	<b>127,8</b>	<b>23,7</b>	<b>110,7</b>	<b>88,3</b>	<b>8,1</b>	<b>10,8</b>	<b>6,1</b>

Η υπο-λεκάνη του Τσικνιά, που είναι και η μεγαλύτερη όλου του κόλπου, ξεκινά από δύο βασικές διακλαδώσεις: η πρώτη αποτελείται από τα ρέματα Κρόλα και Καβάδι που ενώνονται στον παραπόταμο Καμάρα, ενώ η δεύτερη αποτελείται από τα ρέματα Θέρμα, Κορτσιά, Ρέμα και Ακόνι. Οι δύο αυτές διακλαδώσεις ενώνονται και καταλήγουν στο βασικό άξονα απορροής που έχει διεύθυνση ΒΑ-Ν και εκβάλλει στη θαλάσσια περιοχή ανατολικά της Σκάλας Καλλονής και πολύ κοντά στις αλυκές. Το μέγιστο υψόμετρο της υπο-λεκάνης είναι 967m και αποτελεί το μέγιστο και για την ευρύτερη περιοχή μελέτης, αλλά και για τη νήσο Λέσβο. Ο χείμαρρος του Τσικνιά έχει καθοριστεί ως αποδέκτης των επεξεργασμένων λυμάτων του Δήμου Καλλονής (Δημοπούλου, 2004). Δέχεται τα **αποχετευτικά δίκτυα** οικισμών Στύψης (ρέματα Ακόνι και Κορτσιάς), Υψηλομέτρωπου, Πελόπης (ρέμα Κρόλα), Κάπης (ρέμα Καβάδι) και Νάπης και τα απόβλητα από τα **ελαιοτριβεία**: (1) Α.Σ. Κάπης (ρέμα Καβάδι), (2) Ε.Π.Σ. Νάπης, (3) Ε.Γ.Σ. Στύψης, από τα **Τυροκομεία** Στύψης και Νάπης και από **τρεις σταυλικές εγκαταστάσεις** μέσα στα διοικητικά όρια της Κ. Αγίας Παρασκευής.

Η Μονάδα Επεξεργασίας Λυμάτων του Δήμου Καλλονής βρίσκεται στη θέση Λοτζάρια, κοντά στο νοτιοδυτικό άκρο των αλυκών. Προορίζεται αρχικά να εξυπηρετήσει τους οικισμούς Καλλονής, Αρίσβης, Δαφίων και Κεραμίου του Δήμου Καλλονής και μελλοντικά τα Παράκοιλα και την Αγ. Παρασκευή. Επίσης προβλέπεται να μεταφέρονται εκεί και τα υγρά απόβλητα των βιοτεχνικών μονάδων της περιοχής, που είναι ομοειδή ως προς τα αστικά λύματα. Τα επεξεργασμένα λύματα θα οδηγούνται με κλειστό αγωγό στην υπό-λεκάνη του Τσικνιά, ενώ μέρος αυτών θα διατίθεται για άρδευση παρακείμενων εκτάσεων. Η μονάδα επεξεργασίας δεν έχει τεθεί ακόμη σε λειτουργία, γιατί τα δίκτυα αποχέτευσης, που συνδέονται ακόμη με αυτή είναι υπό κατασκευή.

Η υπό-λεκάνη της Ποταμιάς, έχει μέγιστο υψόμετρο στα 799m, το δεύτερο μέγιστο μετά την υπό-λεκάνη του Τσικνιά, ενώ διαρρέεται από νερό περίπου 6 μήνες το χρόνο, ανάλογα με το κλίμα και το βαθμό των βροχοπτώσεων. Η επιβάρυνση της ποταμιάς προέρχεται από το **αποχετευτικό δίκτυο** οικισμού Ανεμότιας και από τα **Ελαιοτριβεία**: Ε.Γ.Σ. Ανεμότιας και ένα ιδιωτικό που προσωρινά έχει αναστείλει τη λειτουργία

Η υπό-λεκάνη του Βούβαρη μέχρι το 2000 ήταν Χώρος διάθεσης του συνόλου των ανεπεξεργαστων βοθρολυμάτων του νησιού. Τέλος ο ποταμός Βούβαρης διασχίζει το δάσος Ριζώνα Βουβαρίου και είναι το ένα από τα δύο ποτάμια του κόλπου Καλλονής που διαρρέεται σχεδόν όλο το χρόνο από νερό. Το μέγιστο υψόμετρο της υπό-λεκάνης του Βούβαρη είναι 401m.

Πίνακας 8 : Χαρακτηριστικά λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης.

α/α	Ευρύτερες υπο-λεκάνες απορροής	Περιοχή	Μέγιστο υψόμετρο (m)	Εμβαδόν (km <sup>2</sup> )	Διάρκεια ροής, (μήνες)
1	Τσικνιά Π.	Καλλονής	967	91.79	5
2	Μυλοποτάμου Π.	Αγ. Παρασκευής	324	50.64	5
3	Εννιά Καμαρών Χ.	Κεραμίου	558	44.99	12
4	Ποταμιά Π.	Κεραμίου	799	33.55	6
5	Κρουονερίου Χ.	Μέσων	392	27.58	5-6
6	Βούβαρη	Βούβαρη	401	23.89	12
7	Μάκαρα Π.	Μάκαρα Άγρας	673	22.81	5
8	Ταξιάρχη Π.	Παράκοιλα	799	21.53	12
9	Αλυκών Καλλονής	Καλλονής	292	17.29	-
10	Καρδαμά Ρ.	Αποθήκα	593	14.80	3-4
11	Αλμυροποτάμου	Λισβορίου	300	12.28	6
12	Μάκρη Χ.	Βασιλικών	407	11.84	12
13	Κούκουμου	Κούκουμου	630	10.43	-
14	Λούτα Χ.	Βασιλικών	368	9.18	4-5
15	Λαγκάδας Ρ.	Παρακοίλων	662	8.72	-
16	Αχλαδετής Χ.	Αχλαδετή	401	8.45	4-5
17	Λαγκάδες Ρ.	Νυφίδα-Σκ. Πολιχνίτου	274	7.62	-
18	Καλαμίου Ρ.	Μέσων	264	7.15	5
19	Σειρές Ρ.	Λισβορίου	272	6.03	4
20	Μπουγάτι	Πολιχνίτου		5.92	-
21	Αλυκών Πολιχνίτου	Πολιχνίτου	190	5.00	-
22	Λίτρες	Πολιχνίτου		2.23	-

(Πηγή: Ε.Π.Μ., 1998)

## 4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### 4.1 Δειγματοληψία

Επιλέχθηκαν για μελέτη τρεις ποταμοχείμαροι, που καταλήγουν στον Κόλπο της Καλλονής, δηλαδή η Ποταμιά, ο Τσικνιάς και ο Βούβαρης. Πραγματοποιήθηκαν τέσσερις δειγματοληψίες από το Φεβρουάριο 2006 έως και τα τέλη του Μάη 2006 σε διάφορα χρονικά διαστήματα, ώστε να μελετηθεί η εποχιακή αλλαγή της ποιότητας του νερού (Χάρτης 1, Παράρτημα Ι). Για την Ποταμιά (ΠΟ) και τον Τσικνιά (ΤΣ) επιλέχθηκαν 3 σταθμοί δειγματοληψίας (1: πηγή, 2: μέση και 3: εκβολή). Ενώ για τον Βούβαρη (ΒΟ) επιλέχθηκαν 2 σταθμοί (2: μέση κι 3: εκβολή), γιατί η πρόσβαση στην πηγή ήταν εξαιρετικά δύσκολη. Οι σταθμοί, που εκπροσωπούν τη μέση, χαρακτηρίζονται με τον αριθμό 2, επιλέχθηκαν με κριτήριο την επιβάρυνση τους, λόγω των ανθρωπογενών δράσεων. Οι σταθμοί δειγματοληψίας και οι ημερομηνίες πραγματοποίησης των δειγματοληψιών φαίνονται στον πίνακα 9, ενώ στον πίνακα 10 παρουσιάζονται το γεωγραφικό μήκος και πλάτος των σταθμών δειγματοληψίας, στοιχεία που προσδιορίστηκαν με τη βοήθεια συσκευής GPS.

Πίνακας 9 : Σταθμοί δειγματοληψίας και ημερομηνίες πραγματοποίησης των δειγματοληψιών (Φεβρ.2006 - Μάιος 2006).

Σταθμός Δειγματοληψίας (Σ.Δ.)	Ημερομηνία Δειγματοληψίας			
Π. Τσικνιάς	16.02.2006	16.03.2006	31.03.2006	19.05.2006
ΤΣ1	+	+	+	*
ΤΣ2	+	+	+	+
ΤΣ3	+	+	+	+
Π. Ποταμιά	16.02.2006	16.03.2006	31.03.2006	19.05.2006
ΠΟ1	+	+	+	+
ΠΟ2	+	+	+	+
ΠΟ3	+	+	+	+
Π. Βούβαρης	16.02.2006	16.03.2006	31.03.2006	19.05.2006
ΒΟ2	+	+	+	+
ΒΟ3	+	+	+	+

\* δεν πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία λόγω μη ύπαρξης νερού



Πίνακας 10 : Γεωγραφικές συντεταγμένες Σταθμών Δειγματοληψίας (Σ.Δ.)

ΣΤΑΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (Σ.Δ.)	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ
ΤΣ_1	39° 17' 47"	26° 18' 11"
ΤΣ_2	39° 16' 23"	26° 15' 15"
ΤΣ_3	39° 12' 15"	26° 13' 20"
ΠΟ_1	39° 13' 35"	26° 08' 04"
ΠΟ_2	39° 13' 00"	26° 09' 47"
ΠΟ_3	39° 12' 07"	26° 10' 89"
ΒΟ_2	39° 09' 09"	26° 18' 17"
ΒΟ_3	39° 09' 69"	26° 17' 17"

Η εργαστηριακή προετοιμασία, πριν από κάθε δειγματοληψία, περιλάμβανε τον καθαρισμό των φιαλών δειγματοληψίας (πλαστικά και γυάλινα σκεύη, ανάλογα με τη θεωρούμενη παράμετρο), καθώς και τη βαθμονόμηση των συσκευών, που χρησιμοποιούνται στο πεδίο για τη μέτρηση των επιλεγμένων παραμέτρων. Για τον καθαρισμό των σκευών τηρείτο σχολαστικά η ακόλουθη διαδικασία: πλύσιμο με απορρυπαντικό, ξέπλυμα με άφθονο νερό βρύσης και στη συνέχεια με άφθονο υπερκαθαρό νερό τύπου MilliQ. Τα καθαρά σκεύη διατηρούνταν σφραγισμένα σε ασφαλές μέρος μέχρι την ημερομηνία δειγματοληψίας. Η βαθμονόμηση των συσκευών πεδίου πραγματοποιείτο στο Εργαστήριο της Χημείας, την παραμονή της δειγματοληψίας. Οι συσκευές μεταφέρονταν στο πεδίο προφυλαγμένες εντός των ειδικών συσκευασιών της προμηθεύτριας εταιρείας.

Η δειγματοληψία πραγματοποιούνταν κατά τις πρωινές ώρες και ακολουθήθηκε η ίδια σειρά λήψης των δειγμάτων καθόλη τη διάρκεια της μελέτης. Η δειγματοληψία έγινε με χειρωνακτικές απλές συσκευές, μικρούς κάδους. Αρχικά ξεπλένονταν οι κάδοι με το πρώτο και δεύτερο ποταμίσιο νερό, στη συνέχεια γεμίζονταν με το τρίτο νερό, το οποίο μετά από ανάδευση τοποθετούνταν μία μικρή ποσότητα σε κατάλληλο σκεύος για να πραγματοποιηθούν οι μελέτες στο πεδίο, ενώ το υπόλοιπο τοποθετούνταν σε μπιντόνια, πλαστικά δοχεία 2,5 L. Από κάθε σταθμό ελήφθησαν δύο δείγματα νερού (Α και Β).

Οι παράμετροι: θερμοκρασία, pH, διαλυμένο οξυγόνο και αγωγιμότητα μετρήθηκαν στο πεδίο την ημέρα της δειγματοληψίας με τα ανάλογα φορητά όργανα. Τα δείγματα διατηρήθηκαν όσο γινόταν δροσερά και σε σκοτεινό μέρος και μεταφέρθηκαν το συντομότερο στο εργαστήριο. Φυσικά επειδή δεν ήταν δυνατό να πραγματοποιηθούν όλες οι μετρήσεις σε σύντομο χρονικό διάστημα, την ημέρα της δειγματοληψίας, ορισμένος όγκος δείγματος, τουλάχιστον 1L, διηθήθηκε μέσω ηθμών υάλου (glass fibre) τύπου Millipore, (διάμ. πόρων 0.7μm) με την βοήθεια περισταλτικής αντλίας και την εφαρμογή μικρού κενού. Οι ηθμοί τοποθετήθηκαν σε επισημασμένους δοκιμαστικούς σωλήνες με βιδωτό πώμα και

προσδιορίστηκε, η συγκέντρωση της χλωροφύλλης-a. Το διήθημα, διαμοιράστηκε σε δύο φιαλίδια πολυαιθυλενίου (A, B) για την ανάλυση των διαλυτών μορφών  $N-NO_3^-$ ,  $N-NO_2^-$ ,  $N-NH_4^+$ ,  $P-PO_4^{3-}$  και Si, τα οποία προηγούμενα είχαν παλαιωθεί με τη χρήση διαλύματος HCl 10% για 24h/ έκπλυση με νερό τύπου MilliQ, και φυλάχθηκαν στην κατάψυξη (-20°C) μέχρι την ημερομηνία ανάλυσης τους. Η μέτρηση της αλκαλικότητας πραγματοποιήθηκε σε μη διηθημένο δείγμα, εντός 48h από την ημερομηνία δειγματοληψίας.

Οι εργαστηριακές μετρήσεις ξεκίνησαν το Φεβρουάριο 2006 κι ολοκληρώθηκαν τον Οκτώβριο 2006.

## 4.2. Μετρήσεις στο πεδίο

Παρουσιάζονται οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο πεδίο, καθώς και οι αρχές των μεθόδων τους.

### 4.2.1. Ενεργός Οξύτητα (pH)

Το pH αποτελεί μέτρο της δράσης των ιόντων υδρογόνου ( $H^+$ ) και στα φυσικά νερά ρυθμίζεται από ανθρακικές ενώσεις όπως το διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ), το ανθρακικό οξύ ( $H_2CO_3$ ), τα διττανθρακικά ιόντα ( $HCO_3^-$ ) και τα ανθρακικά ιόντα ( $CO_3^{2-}$ ). Στην παρούσα εργασία ο προσδιορισμός του pH έγινε με την ηλεκτρομετρική μέθοδο, με τη βοήθεια του pHμετρου τύπου HANNA Instruments model HI 8424. Με την ηλεκτρομετρική μέθοδο παρακολουθούμε με ηλεκτρόδια υάλου την διαφορά δυναμικού του διαλύματος και την αντιστοιχούμε σε  $[H^+]$ . Άλλωστε Η μέθοδος δεν επηρεάζεται από παράγοντες, όπως τα έγχρωμα διαλύματα, την ύπαρξη οξειδωτικών ή αναγωγικών ουσιών, τα σε διασπορά κolloειδή και τη θολρότητα του δείγματος. Όμως πάντοτε πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη η θερμοκρασία του δείγματος (Αγγελίδης, 1993).

### 4.2.2. Διαλυμένο Οξυγόνο (DO, Dissolved Oxygen)

Το νερό πρέπει να περιέχει επαρκή ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου για την διατήρηση των αερόβιων συνθηκών της στήλης του νερού και της διεπιφάνειας ιζήματος-νερού (USEPA, 1979). Η διαλυτότητα του οξυγόνου εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την πίεση και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του δείγματος (Αγγελίδης, 1993). Για την μέτρηση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό ή σε υγρά απόβλητα χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι. 1) Η χημική μέθοδος Winkler, η οποία βασίζεται στην προσθήκη ιόντων  $Mn^{2+}$  σε αλκαλικό περιβάλλον, οπότε παρουσία διαλυμένου οξυγόνου το  $Mn^{2+}$  οξειδώνεται. Στη συνέχεια προσθέτουμε διάλυμα  $I^-$  σε όξινο περιβάλλον, οπότε το  $Mn^{n+}$  οξειδώνει ισοδύναμη ποσότητα  $I^-$ , η οποία τελικά ογκομετρείται με πρότυπο διάλυμα  $Na_2S_2O_3$  παρουσία αμύλου. Η ακρίβεια της μεθόδου για το διαλυμένο οξυγόνο είναι της τάξης των 500ppb. 2) Η ηλεκτροχημική μέθοδος, στην οποία χρησιμοποιούμε φορητό οξυγονόμετρο, που βασίζεται στον πολαρογραφικό προσδιορισμό και μπορεί να μετρά το διαλυμένο οξυγόνο σε mg/L διαλυμάτων. Στην παρούσα εργασία, το διαλυμένο οξυγόνο μετρήθηκε με τη δεύτερη μέθοδο, με τη χρήση συσκευής τύπου HANNA Instruments model HI .....

### 4.3. Μετρήσεις στο εργαστήριο

Παρουσιάζονται οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο, καθώς και οι αρχές των μεθόδων τους.

#### 4.3.1. Αλκαλικότητα (*Alk., Alkalinity*)

Η ικανότητα του νερού να εξουδετερώνει ορισμένη ποσότητα  $H^+$  αποδίδεται υπό τον όρο «Αλκαλικότητα» και η εξουδετέρωση αυτή προέρχεται κύρια από ιόντα υδροξυλίου, όξινων ανθρακικών και ανθρακικών. Επιπλέον δρουν η υπάρχουσα αμμωνία, οι συζυγείς βάσεις του φωσφορικού οξέος, βορικού και πυριτικού οξέος. Για τον προσδιορισμό της αλκαλικότητας ογκομετρείται ποσότητα δείγματος νερού με πρότυπο διάλυμα υδροχλωρικού (ή θεικού) οξέος γνωστής συγκέντρωσης μέχρις αλλαγής του χρώματος του δείκτη που έχει προστεθεί. Η αλκαλικότητα διακρίνεται σε αλκαλικότητα ως προς τη φαινολοφθαλείνη (P, pH = 8,3), η οποία οφείλεται στην παρουσία κύρια ανθρακικών και σε αλκαλικότητα ως προς την ηλιανθίνη ή Ολική αλκαλικότητα (πορτοκαλλόχρουν του μεθυλίου, T, pH= 4,3), η οποία οφείλεται στην παρουσία όξινων ανθρακικών και ανθρακικών ιόντων. Η Αλκαλικότητα υπολογίζεται με τιτλοδότηση με ένα ισχυρό οξύ και εκφράζεται σε mg/L. Συνήθως η αλκαλικότητα μετράται σε mg  $CaCO_3$  /L , το οποίο δείχνει ότι η αλκαλικότητα προέρχεται αποκλειστικά από τα ανθρακικά και διττανθρακικά ιόντα.

#### 4.3.2. Χλωροφύλλη α (*Chl-a*)

Η μέθοδος στηρίζεται στην εκχύλιση των χρωστικών με πρόσφατα παρασκευασθέν διάλυμα ακετόνης 90% (Parson et al., 1984) και στον φασματοφωτομετρικό προσδιορισμό της χλωροφύλλης α σε επιλεγμένα μήκη κύματος. Για το σκοπό αυτό κατάλληλος όγκος δείγματος νερού (περίπου 1.0 L) διηθείται μέσω ηθμού με ίνες υάλου τύπου Millipore, με διάμετρο πόρων 0.7  $\mu m$ . Ο ηθμός τοποθετείται σε σωλήνα χωρητικότητας 10mL, προστίθεται όγκος εκχυλιστικού μέσου ίσος προς 8mL και με τη βοήθεια γυάλινης ράβδου και ηλεκτρικού τάρακτρου (Vortex) επιδιώκεται η διαλύσή του. Στη συνέχεια το παρασκεύασμα παραμένει στους 0°C/24h) μακριά από πηγή φωτός. Ακολουθεί μέτρηση σε  $\lambda = 750- 665- 664- 647- 630nm$ . Οι τιμές των συγκεντρώσεων της Chl-a δίνονται σε  $\mu g/L$ .

#### 4.3.3. Θρεπτικά

Τα θρεπτικά προσδιορίστηκαν με φασματοφωτομετρικές μεθόδους, με τη βοήθεια φασματοφωτόμετρου Varian τύπου Cary 50 Conc/ UV-Visible Spectrophotometer.

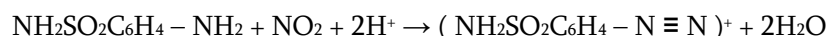
- *Προσδιορισμός Νιτρικών*

Η μέθοδος προσδιορισμού των νιτρικών στηρίζεται αρχικά στην ποσοτική αναγωγή (> 95%), σε αλκαλικό περιβάλλον, των νιτρικών του δείγματος προς νιτρώδη, με τη διέλυση ποσότητας δείγματος από κατάλληλη στήλη που περιέχει ρινίσματα καδμίου, αναγεννημένου με διάλυμα θεικού χαλκού (Parson et al., 1984). Ακολουθεί φασματοφωτομετρικός προσδιορισμός των νιτρώδων σύμφωνα με τη μέθοδο που

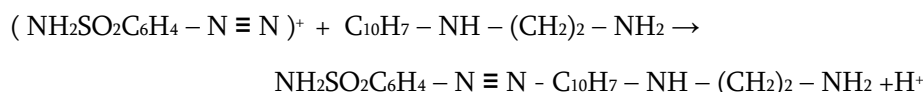
αναφέρεται στο αντίστοιχο πεδίο. Οι τιμές των συγκεντρώσεων εκφράζονται ως  $\mu\text{moles N} - \text{NO}_3^- / \text{L}$  ή  $\text{mmoles N} - \text{NH}_4^+ / \text{L}$ .

- *Προσδιορισμός Νιτρωδών*

Η μέθοδος προσδιορισμού των νιτρωδών στηρίζεται στην αντίδραση Griess. Τα νιτρώδη ιόντα αντιδρούν με σουλφανιλαμίδιο, σχηματίζοντας διαζωνιακό άλας σε όξινο περιβάλλον ( $\text{pH} < 2$ ), κατά την αντίδραση:



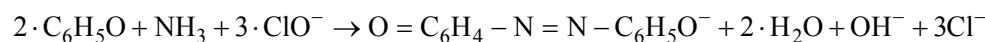
Το διαζωνιακό άλας αντιδρά με την N-ναφθυλο-αιθυλενοδιαμίνη προς σχηματισμό εγχρώμου ένωσης, κατά την αντίδραση:



Η σχηματιζόμενη ένωση (αζώχρωμα) έχει ρόδινη χροιά και μετράται η απορρόφησή της φασματοφωτομετρικά σε μήκος κύματος 543nm (Parson et al., 1984). Οι τιμές των συγκεντρώσεων εκφράζονται ως  $\mu\text{moles N} - \text{NO}_2^- / \text{L}$  ή  $\text{mmoles N} - \text{NH}_4^+ / \text{L}$ .

- *Προσδιορισμός Αμμωνιακών*

Η ανάλυση των αμμωνιακών στηρίζεται στη μέθοδο Koroleff (1969) και σύμφωνα με αυτή προσδιορίζεται το σύνολο του αμμωνιακού αζώτου, δηλαδή των  $\text{N} - \text{NH}_3$  και  $\text{N} - \text{NH}_4^+$ . Ο προσδιορισμός στηρίζεται στην αντίδραση της αμμωνίας με τα υποχλωριώδη ιόντα σε αλκαλικό περιβάλλον και το σχηματισμό μονοχλωραμίνης.



Στη συνέχεια η μονοχλωραμίνη αντιδρά με τη φαινόλη παρουσία περίσσειας υποχλωριωδών και νιτροπρωσσικού νατρίου (καταλύτης) σχηματίζοντας το κυανούν της ινδοφαινόλης, το οποίο απορροφά σε μήκος κύματος  $\lambda = 630\text{nm}$ . Οι τιμές των συγκεντρώσεων εκφράζονται ως  $\mu\text{moles N} - \text{NH}_4^+ / \text{L}$  ή  $\text{mmoles N} - \text{NH}_4^+ / \text{L}$ .

- *Προσδιορισμός Φωσφορικών*

Η ανάλυση των φωσφορικών στηρίζεται στη μέθοδο των Murphy & Riley, (1962), κατά την οποία τα φωσφορικά ιόντα αντιδρούν με μολυβδαινικό αμμώνιο, παρουσία τρισθενούς αντιμονίου ( $\text{Sb}^{3+}$ ), σχηματίζοντας ένα σύμπλοκο, το οποίο ανάγεται από ασκορβικό οξύ. Η σχηματιζόμενη ένωση (σύμπλοκο κυανού χρώματος) απορροφά σε μήκος κύματος  $\lambda = 885 \text{ nm}$  και στοιχειομετρική αναλογία των ατόμων φωσφόρου: μολυβδαινίου: αντιμονίου είναι 1:12:1. Τα πολυφωσφορικά και ο οργανικός φώσφορος

δεν συμπεροσδιορίζονται με τη μέθοδο αυτή. Οι τιμές των συγκεντρώσεων εκφράζονται ως  $\mu\text{moles P} - \text{PO}_4^{3-} / \text{L}$  ή  $\text{mmoles P} - \text{PO}_4^{3-} / \text{L}$ .

- *Προσδιορισμός Πυριτικών*

Η ανάλυση των πυριτικών στηρίζεται στη μέθοδο των Murphy & Riley, (1955), η οποία τροποποιήθηκε από τους Strickland & Parson (1972). Η μέθοδος βασίζεται στο σχηματισμό εγχρώμου κυανού συμπλόκου του πυριτίου με μολυβδαινικά ιόντα, και μέτρηση της απορρόφησης αυτού σε μήκος κύματος  $\lambda = 810 \text{ nm}$ . Το ορθοπυριτικό οξύ έχει την τάση να σχηματίζει πολυμερή, από τα οποία μόνο τα μόνο- και διμερή αντιδρούν με τα μολυβδαινικά ιόντα, αποτελώντας το δραστικό πυρίτιο, το οποίο προσδιορίζεται κατά τη μέθοδο. Οι τιμές των συγκεντρώσεων των πυριτικών δίνονται σε  $\mu\text{moles Si} / \text{L}$  ή  $\text{mmoles Si} / \text{L}$ .

#### 4.4. Στατιστική ανάλυση - Ιεραρχική ομαδοποίηση (Cluster Analysis)

Λόγω του μικρού αριθμού δεδομένων επιλέχθηκε η ιεραρχική ανάλυση, με χρήση του προγράμματος SPSS 14.0, για την επεξεργασία των δεδομένων. Η μέθοδος Ιεραρχικής Ομαδοποίησης (Cluster Analysis) είναι μία πολυμεταβλητή μέθοδος, στην οποία ο αριθμός των ομάδων δεν είναι γνωστός από πριν. Ξεκινάει με τη δημιουργία ενός πίνακα αποστάσεων για όλες τις ομάδες. Η μέθοδος ομαδοποιεί τα διαφορετικά δείγματα σε ομάδες κι έπειτα τις ομάδες μεταξύ τους. Η ομαδοποίηση γίνεται με κριτήριο την ομοιότητα. Συγκεκριμένα ξεκινάμε με κάθε παρατήρηση να είναι από μόνη της μια ομάδα. Δύο ομάδες που έχουν την μικρότερη απόσταση, άρα και μεγαλύτερη ομοιότητα μεταξύ τους, κατατάσσονται σε μία ομάδα, στη συνέχεια οι ομάδες με την μεγαλύτερη ομοιότητα επίσης δημιουργούν μία ομάδα και σταδιακά ομαδοποιούνται τα δείγματα με όλο και μεγαλύτερο ποσοστό ομοιότητας.

Το αποτέλεσμα της μεθόδου είναι η δημιουργία ενός διαγράμματος, το οποίο λόγω της μορφής του ονομάζεται δενδρόγραμμα. Το δενδρόγραμμα ενώνει τις παρατηρήσεις με μία γραμμή, γεγονός που επαναλαμβάνεται μέχρι όλες οι παρατηρήσεις να είναι ενωμένες σε ένα μονοπάτι. Το δενδρόγραμμα αποτελεί ένα πολύτιμο οπτικό εργαλείο για την ιεραρχική ομαδοποίηση καθώς αφενός περιέχει ολόκληρη την ιστορία της ομαδοποίησης, βοηθάει στην επιλογή της λύσης που τελικά θα κρατήσουμε αλλά εμφανίζει και τη δυναμική της μεθόδου. Βασικός στόχος της μεθόδου είναι η δημιουργία ομαδοποιήσεων δειγμάτων. Η εφαρμογή της μεθόδου σε διάφορες περιβαλλοντικές μελέτες βοηθάει στην επιλογή της λύσης που τελικά θα κρατήσουμε.

Η μέθοδος όμως της ιεραρχικής ομαδοποίησης, έχει και κάποια μειονεκτήματα, όπως ότι δεν ενδείκνυται στην περίπτωση πολλών δεδομένων, εξαιτίας της δημιουργίας πίνακα μεγάλου αριθμού αποστάσεων, που αυτό προϋποθέτει αποθήκευση, με αποτέλεσμα να επιβαρύνεται ο υπολογιστής. Επίσης όταν οι ομάδες δημιουργηθούν, στη συνέχεια είναι αδύνατο να χωριστούν, οπότε μένουν πάντα μαζί. Τελειώνοντας πρέπει να αναφέρουμε ότι πρέπει να γίνει επιλογή της λύσης, που θα κρατήσουμε, δηλαδή τον αριθμό των ομάδων που θα αποτελούν την τελική λύση.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν οι αντίστροφοι αλγόριθμοι γνωστοί και ως *agglomerative*. Οι αλγόριθμοι ξεκινούν με κάθε παρατήρηση ως μία ομάδα και ενώνουν στη συνέχεια ομάδες που είναι πιο κοντινές. Για τον υπολογισμό της απόστασης των ομάδων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος: **Ward**, η οποία είναι σχεδιασμένη να ελαχιστοποιεί τη διακύμανση μέσα στις ομάδες, με αποτέλεσμα να βρίσκει ομάδες με παραπλήσια διακύμανση. Για κάθε παρατήρηση μπορούμε να υπολογίσουμε την απόσταση της(συνήθως ευκλείδεια) από το κέντρο της ομάδας. Αν αθροίσουμε για όλες τις ομάδες έχουμε μια τιμή που είναι το συνολικό άθροισμα. Αρχικά αυτό το άθροισμα είναι μηδέν, αφού κάθε παρατήρηση είναι και μία ομάδα, άρα η απόσταση από το κέντρο της είναι μηδέν. Σε κάθε βήμα ενώνουμε τις ομάδες οι οποίες αν ενωθούν οδηγούν στη μικρότερη αύξηση του συνολικού αθροίσματος αποστάσεων. Η μέθοδος Ward έχει μερικές πολύ καλές ιδιότητες και συνήθως δημιουργεί ομάδες με παρόμοιο αριθμό παρατηρήσεων, για αυτό χρησιμοποιείται πολύ συχνά στην πράξη.

Επειδή οι τιμές παρουσίαζαν μεταξύ τους μεγάλες αποκλίσεις κι εξαιτίας των διαφορετικών μονάδων μέτρησης των κριτηρίων (των νιτρικών και των φωσφορικών) κρίθηκε σκόπιμο να εφαρμοστεί τυποποίηση (*autoscaling*) με βάση τον τύπο:

$$z_i = \frac{x_i - x_{mean}}{s_x}$$

όπου  $i = 1, 2, \dots, n$  κριτήρια (γραμμές)

Κατά τον τρόπο αυτό είναι δυνατή η σύγκριση των δειγμάτων μεταξύ τους με τη χρήση συνόλου ανομοιογενών κριτηρίων. Έτσι επιτυγχάνεται μία εξομάλυνση των ακραίων τιμών.

Η ανάλυση ομαδοποίησης επιχειρήθηκε χρησιμοποιώντας ως κριτήρια ομαδοποίησης επιλεγμένες χημικές παραμέτρους, καθώς και φυσικές και βιολογικές παράμετροι. Πιο συγκεκριμένα η ομαδοποίηση επιχειρήθηκε με τη μέθοδο Ward με τη χρήση των ακόλουθων παραμέτρων ως κριτηρίων ομαδοποίησης των σταθμών δειγματοληψίας:

- I. Ομαδοποίηση ως προς τα νιτρικά
- II. Ομαδοποίηση ως προς P-PO<sub>4</sub> (DIP)
- III. Ομαδοποίηση ως προς N-NO<sub>3</sub> και P-PO<sub>4</sub>
- IV. Ομαδοποίηση ως προς N-NO<sub>3</sub>, P-PO<sub>4</sub> και Chl-a

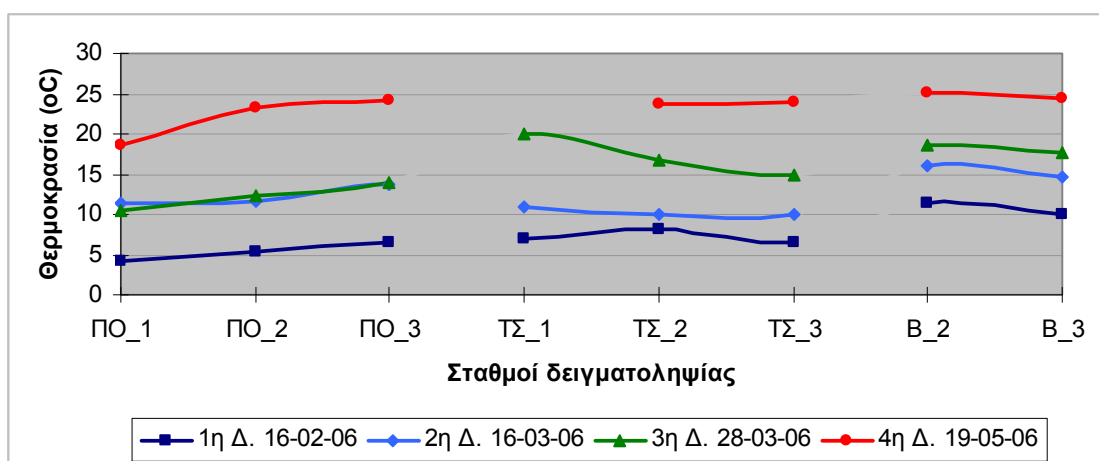
## 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### 5.1. Πειραματικά δεδομένα

Τα δείγματα που προέρχονταν από τις δειγματοληψίες των ποταμοχειμάρρων (Π/Χ) αναλύθηκαν ως προς 10 παραμέτρους, και περιλαμβάναν τη θερμοκρασία (Τ), το pH, το διαλυμένο οξυγόνο (DO), την αλκαλικότητα (T\_Alk), τη χλωροφύλλη α (Chl-a), τα νιτρικά (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), τα νιτρώδη (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), τα αμμωνιακά (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), τα φωσφορικά (P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) και το πυρίτιο (Si). Οι μέσες τιμές, καθώς και το εύρος των μετρήσεων για κάθε σταθμό δειγματοληψίας (Σ.Δ.) των ποταμοχειμάρρων Ποταμιά (ΠΟ), Τσικνιά (ΤΣ) και Βούβαρη (ΒΟ), για το σύνολο των παραμέτρων συνοψίζονται στον Πίνακα 11.

Στη συνέχεια ακολουθούν γραφήματα απεικόνισης των μεταβολών των τιμών των συγκεντρώσεων εκάστης διερευνώμενης παραμέτρου, για τις τέσσερις δειγματοληψίες από 16-02-06 έως και 19-05-06, δηλαδή σε περιόδους κατά τις οποίες παρατηρείται συνήθως μέγιστη ροή μέχρι και την εποχή, που η ποσότητα του νερού μειώνεται σημαντικά έως και μηδενίζεται. Στα γραφήματα που ακολουθούν, κάθε δειγματοληψία αντιστοιχεί και στο ανάλογο χρώμα: 1<sup>η</sup> Δειγματοληψία 16-02-06 (μπλε σκούρο), 2<sup>η</sup> Δειγματοληψία 16-03-06 (μπλε ανοιχτό), 3<sup>η</sup> Δειγματοληψία 28-03-06 (πράσινο) και 4<sup>η</sup> Δειγματοληψία 19-05-06 (κόκκινο).

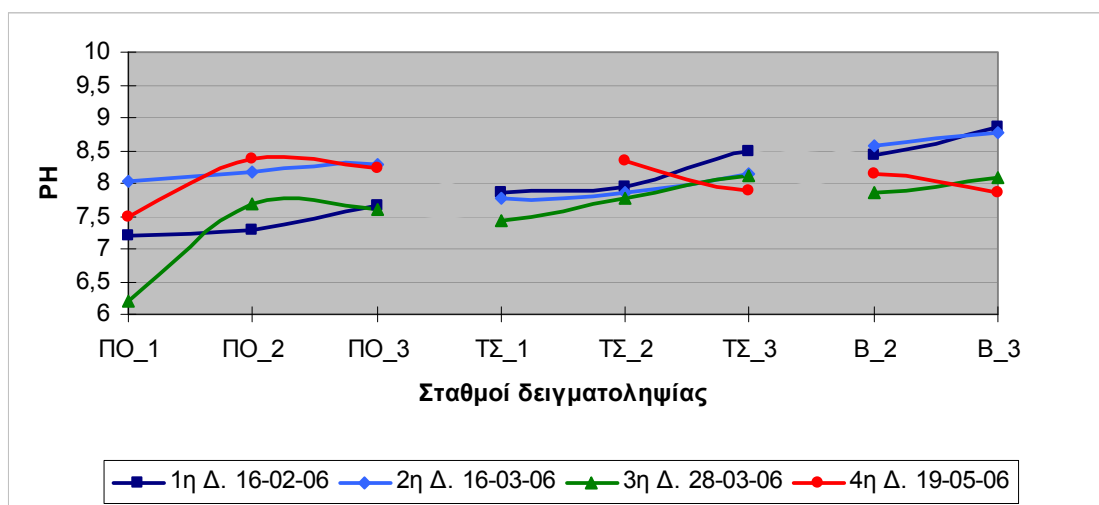
◇ **Θερμοκρασία:** Η χαμηλότερη μέση τιμή, 11,2°C εμφανίζεται στην πηγή της Ποταμιάς (ΠΟ1), ενώ η υψηλότερη μέση τιμή, 17,8°C εμφανίζεται στο σταθμό ΒΟ2 του Βούβαρη. Στην Ποταμιά η μικρότερη τιμή, 4,3°C εμφανίζεται στο σταθμό ΠΟ1, ενώ η μεγαλύτερη, 24,1°C στην εκβολή της Ποταμιάς (ΠΟ3). Στην Τσικνιά η μικρότερη τιμή 6,3°C και η μεγαλύτερη τιμή, 23,9 °C εμφανίζονται στην εκβολή (ΤΣ3). Τέλος στο Βούβαρη η μικρότερη τιμή, 10,1 °C είναι στο σταθμό ΒΟ3, ενώ η μεγαλύτερη, 25,1 °C είναι στο σταθμό ΒΟ2.



Γράφημα 1: Εποχιακή κατανομή της θερμοκρασίας ως προς τους ποταμοχειμάρρους Ποταμιά, Τσικνιά & Βούβαρη.

Ο Βούβαρης δείχνει να παρουσιάζει στο σύνολο του υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας από ότι η Ποταμιά κι ο Τσικινιάς. Μάλιστα, όπως φαίνεται και στο Γράφημα 1 σε κάθε δειγματοληψία οι τιμές της θερμοκρασίας αυξάνονται, γεγονός αναμενόμενο, αφού έχουμε άνοδο θερμοκρασίας και αλλαγή εποχής με το χειμώνα να αντικαθίσταται από την άνοιξη.

◊ Γενικά οι τιμές του **pH** δεν εμφανίζουν μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ τους, γεγονός που φαίνεται και στο Γράφημα 2. Τη μικρότερη μέση τιμή pH ίση προς 7,2 παρουσιάζει η Ποταμιά (ΠΟ1) και τη μεγαλύτερη μέση τιμή ίση με 8,4 ο Βούβαρης (ΒΟ3).



**Γράφημα 2:** Εποχιακή κατανομή του pH ως προς τους ποταμοχειμάρρους Ποταμιά, Τσικινιά και Βούβαρη.

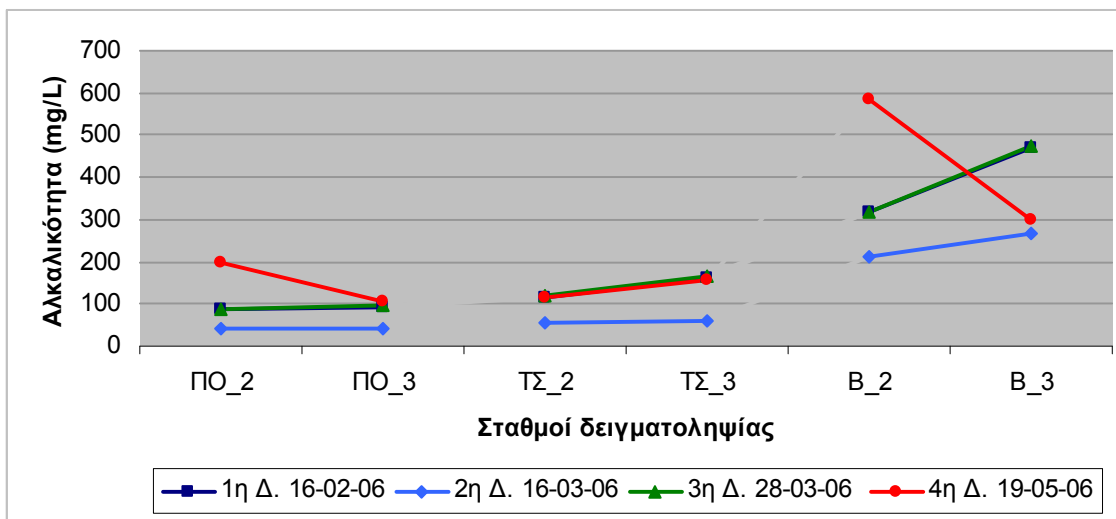
Οι τιμές τις Ποταμιάς κυμαίνονται από 6,2 (ΠΟ1) έως 8,4 (ΠΟ2), οι τιμές του Τσικινιά κυμαίνονται από 7,4 (ΤΣ1) έως 8,5 (ΤΣ3), ενώ οι τιμές του Βούβαρη κυμαίνονται από 7,9 (ΒΟ2) έως 8,9 (ΒΟ3). Σύμφωνα με το Γράφημα 2 φαίνεται πως οι τιμές του pH εμφανίζονται πιο υψηλές στο Βούβαρη, ενώ οι πιο χαμηλές στον Τσικινιά, με εξαίρεση το ΤΣ3, του οποίου οι τιμές είναι λίγο μεγαλύτερες. Επίσης αρκετά χαμηλή τιμή, μικρότερη του 7 παρουσιάζει και ο σταθμός ΠΟ1 κατά την Τρίτη δειγματοληψία.

◊ Η **αλκαλικότητα** μετρήθηκε για τους σταθμούς δειγματοληψίας, Σ.Δ.2 και Σ.Δ.3 κάθε ποταμοχειμάρρου. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 11, οι μέσες τιμές των μετρήσεων κυμαίνονται από 84 mg/L στο σταθμό ΠΟ3 έως 376,3 mg/L στο σταθμό ΒΟ3. Πιο αναλυτικά για τον κάθε ποταμοχειμάρρο παρατηρήθηκαν τα εξής: στην Ποταμιά η μικρότερη τιμή είναι 40,3 mg/L κι εμφανίζεται και στους δύο σταθμούς της (ΠΟ2 & ΠΟ3), ενώ η μεγαλύτερη τιμή είναι 196,5 mg/L κι εμφανίζεται στο σταθμό ΠΟ2. Στον Τσικινιά η μικρότερη τιμή της αλκαλικότητας 56,1 mg/L καταγράφηκε στον ΤΣ2, ενώ η μεγαλύτερη τιμή 166,6 mg/L στον



ΤΣ3. Τέλος για το Βούβαρη, στο σταθμό ΒΟ2 παρουσιάστηκαν και οι δύο ακραίες τιμές 212,4 mg/L, η μικρότερη και 587,0 mg/L, η μεγαλύτερη.

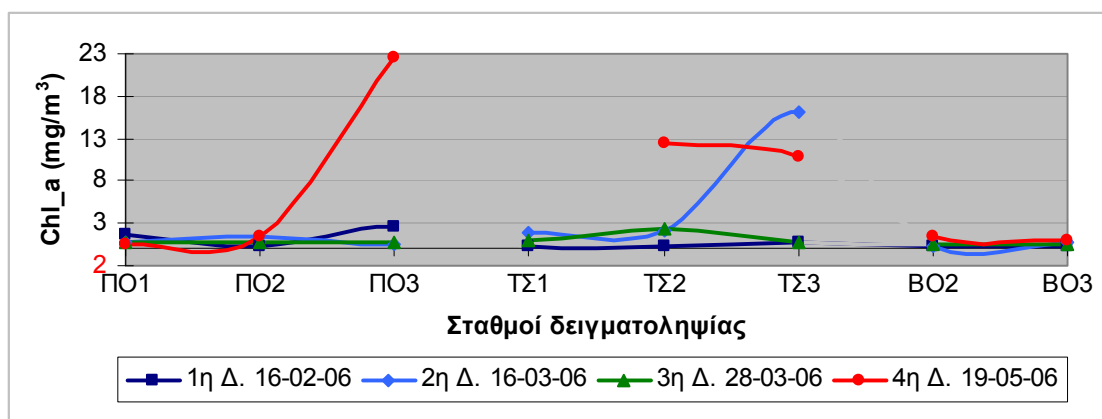
Από το Γράφημα 3 είναι φανερό ότι τις μικρότερες τιμές τις παρουσιάζει η Ποταμιά, στη συνέχεια ακολουθεί ο Τσικνιάς, ενώ οι μεγαλύτερες τιμές με αρκετά μεγάλη διαφορά καταγράφονται στο Βούβαρη. Επίσης η πρώτη και η τρίτη δειγματοληψία παρουσιάζουν μεγάλη ομοιότητα στις τιμές τους για όλους τους σταθμούς. Στην πρώτη δειγματοληψία οι τιμές σε όλους τους σταθμούς είναι πιο υψηλές από τις τιμές της δεύτερης δειγματοληψίας. Στη δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές μειώνονται, στην τρίτη δειγματοληψία και πάλι αυξάνονται και τέλος στην τέταρτη δειγματοληψία οι τιμές μένουν σχεδόν σταθερές με εξαίρεση τους σταθμούς ΠΟ2 και ΒΟ2, όπου οι τιμές αυξάνονται και το σταθμό ΒΟ3, του οποίου η τιμή μειώνεται.



**Γράφημα 3 :** Εποχιακή κατανομή της αλκαλικότητας ως προς τους ποταμοχείμαρρους Ποταμιά, Τσικνιάς και Βούβαρη.

◊ Μελετώντας τις μέσες τιμές της **χλωροφύλλης**, φαίνεται ότι τις χαμηλότερες τιμές παρουσιάζει γενικά ο Βούβαρης, δηλαδή 0,593 mg/m<sup>3</sup> στο ΒΟ3 και 0,656 mg/m<sup>3</sup> στο ΒΟ2. Οι υψηλότερες μέσες τιμές εμφανίζονται στην εκβολή του Τσικνιάς με μέση τιμή 5,76 mg/m<sup>3</sup> και στην εκβολή της Ποταμιάς με ακόμη μεγαλύτερη μέση τιμή 7,407 mg/m<sup>3</sup>. Η παράμετρος χλωροφύλλη α παρουσίασε αρκετές διακυμάνσεις (Γράφημα 4α), με την πιο έντονη στην Ποταμιά, της οποίας η μικρότερη τιμή ήταν 0,182 mg/m<sup>3</sup> στο σταθμό ΠΟ2, ενώ η μεγαλύτερη τιμή ήταν 23,76 mg/m<sup>3</sup> στην εκβολή ΠΟ3. Στον Τσικνιάς επίσης παρουσιάστηκαν μεγάλες αποκλίσεις στις τιμές, δηλαδή η μικρότερη τιμή ίση με 0,200 mg/m<sup>3</sup> καταγράφηκε στο σταθμό ΤΣ1, ενώ η μεγαλύτερη τιμή ίση με 16,05 mg/m<sup>3</sup> καταγράφηκε, όπως και στην Ποταμιά, στην εκβολή, ΤΣ3. Στο Βούβαρη δεν παρουσιάζονται τόσο μεγάλες διακυμάνσεις στις τιμές, μάλιστα ο σταθμός ΒΟ2 παρουσιάζει τη μικρότερη τιμή 0,199 mg/m<sup>3</sup>, αλλά και τη μεγαλύτερη τιμή 2,053 mg/m<sup>3</sup> αντίστοιχα.

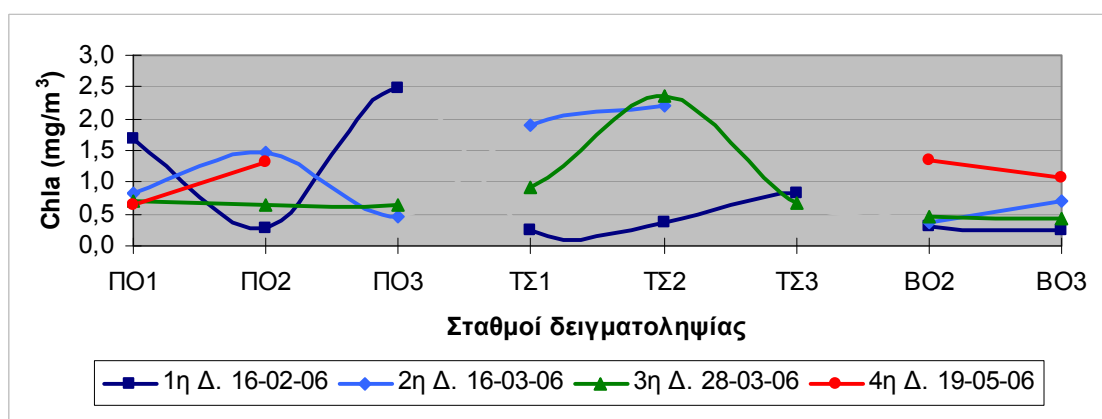
Στο Γράφημα 4α παρατηρούμε ότι στην τέταρτη δειγματοληψία οι τιμές της χλωροφύλλης στις εκβολές παρουσιάζονται σημαντικά υψηλές σε σχέση με τις άλλες δειγματοληψίες. Επίσης είναι σαφές ότι ο Βούβαρης παρουσιάζει τις μικρότερες τιμές χλωροφύλλης σε σχέση με τους άλλους ποταμοχειμάρρους.



\* Στην τέταρτη δειγματοληψία δεν έχουμε πάρει δείγμα από το σταθμό ΤΣ1 λόγω απουσίας νερού.

**Γράφημα 4α :** Εποχιακή κατανομή της χλωροφύλλης (Chla) ως προς τους ποταμοχειμάρρους Ποταμιά, Τσικνιά και Βούβαρη.

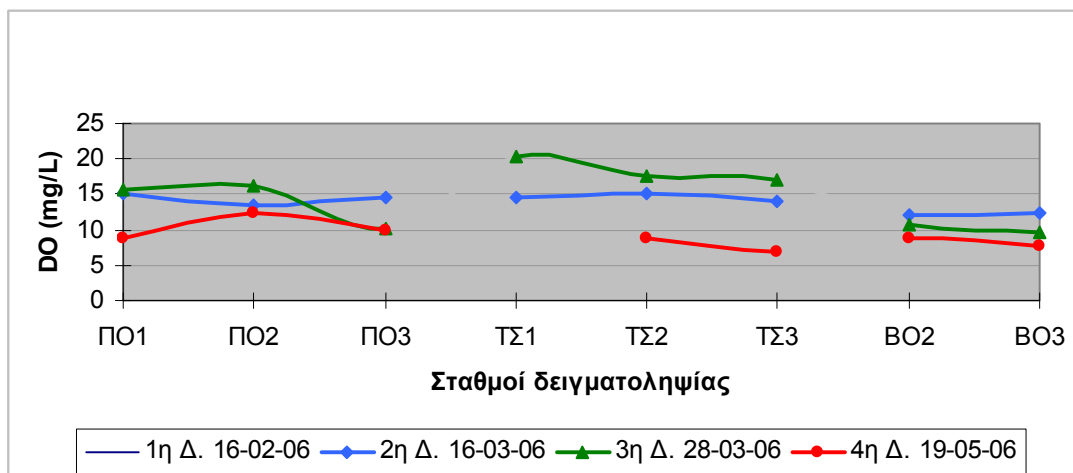
Λόγω των εξαιρετικά υψηλών τιμών χλωροφύλλης, που παρουσιάστηκαν σε κάποιους σταθμούς δειγματοληψίας, σε σχέση με το σύνολο των τιμών, το γράφημα 4α δεν δίνει σαφή εικόνα για τις διακυμάνσεις που παρατηρούνται κυρίως στις τρεις πρώτες δειγματοληψίες. Για το λόγο αυτό σχεδιάζεται το γράφημα 4β, το οποίο περιλαμβάνει το σύνολο των τιμών, χωρίς όμως τις εξαιρετικά υψηλές τιμές της χλωροφύλλης.



**Γράφημα 4β :** Εποχιακή κατανομή της χλωροφύλλης (Chla) ως προς τους ποταμοχειμάρρους Ποταμιά, Τσικνιά και Βούβαρη, χωρίς τις υψηλές τιμές.

Πραγματικά το γράφημα 4β διευκολύνει να γίνουν περισσότερο ορατές οι διακυμάνσεις που παρατηρούνται μεταξύ των τριών πρώτων δειγματοληψιών. Ο Βούβαρης όντως παρουσιάζει τις μικρότερες τιμές, στην πρώτη δειγματοληψία η μεγαλύτερη τιμή εμφανίζεται στην ΠΟ3, ενώ στη δεύτερη και Τρίτη δειγματοληψία μεγαλύτερες ιμές εμφανίζει κι ο ΤΣ2.

◇ **Διαλυμένο οξυγόνο (DO):** Από την πρώτη δειγματοληψία μετρήσεις δεν υπάρχουν, λόγω τεχνικής βλάβης του οργάνου μέτρησης. Επίσης από τον σταθμό ΤΣ1 δεν πήραμε δείγμα για την τέταρτη δειγματοληψία (19-05-06), γιατί δεν υπήρχε νερό στον τόπο δειγματοληψίας. Από τις μετρήσεις των τριών άλλων δειγματοληψιών, προκύπτει ότι η μικρότερη μέση τιμή ίση με 9,93 mg/L εμφανίζεται στο ΒΟ3, ενώ η μεγαλύτερη μέση τιμή ίση με 17,4 mg/L στον ΤΣ1. Πιο συγκεκριμένα, για τον κάθε ποταμοχείμαρρο, οι τιμές στην Ποταμιά κυμαίνονται από 8,8 mg/L ( ΠΟ1 ) έως 16,2 mg/L ( ΠΟ2 ). Οι τιμές στον Τσικνιά κυμαίνονται από 8,8 mg/L ( ΤΣ2 ) έως 20,2 mg/L ( ΤΣ1 ) και στο Βούβαρη οι τιμές κυμαίνονται από 7,8 mg/L έως 12,5 mg/L στο σταθμό ΒΟ2. Το μεγαλύτερο εύρος τιμών εμφανίζει ο Τσικνιάς, ενώ το μικρότερο ο Βούβαρης.



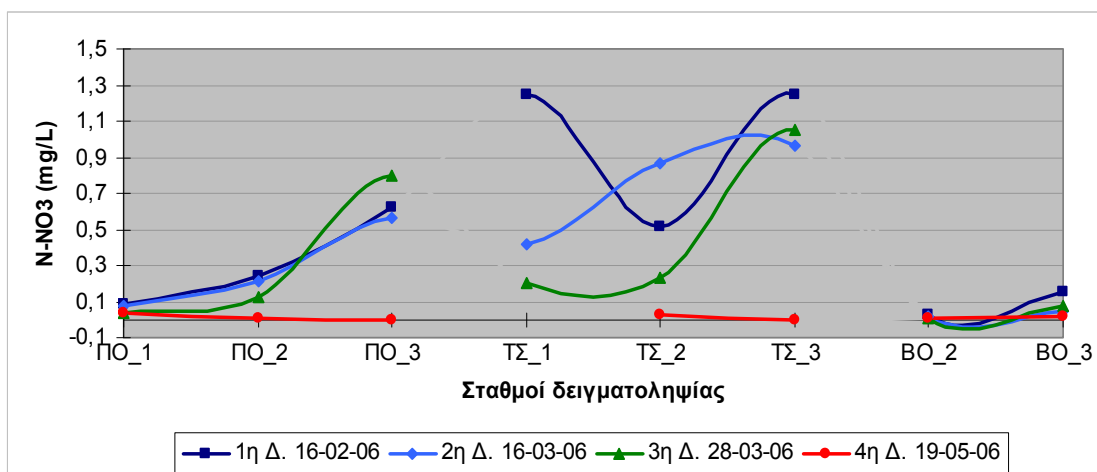
**Γράφημα 5:** Εποχιακή κατανομή του διαλυμένου οξυγόνου (DO) ως προς τους ποταμοχείμαρρους Ποταμιά, Τσικνιά και Βούβαρη.

Επίσης φαίνεται στο Γράφημα 5, ότι τις πιο υψηλές τιμές της έχει ο ποταμοχείμαρρος Τσικνιάς, ακολουθεί η Ποταμιά και τέλος είναι ο Βούβαρης, συμπεράσμα στο οποίο οδηγούμαστε κυρίως από τη δεύτερη και τρίτη δειγματοληψία. Στην τέταρτη δειγματοληψία, η οποία έγινε σε θερμή περίοδο παρουσιάζονται ορισμένες διακυμάνσεις

◇ Σύμφωνα με τον Πίνακα 11 η μικρότερη μέση τιμή των **νιτρικών** εμφανίστηκε στο σταθμό ΒΟ2 και είναι 0,018 mg/L, ενώ 8,815 mg/L είναι η μεγαλύτερη μέση τιμή και καταγράφηκε στο σταθμό ΤΣ3. Βέβαια σε όλες τις δειγματοληψίες ο Βούβαρης παρουσίασε τις μικρότερες τιμές και αντίστοιχα ο Τσικνιάς τις μεγαλύτερες. Πιο συγκεκριμένα στην

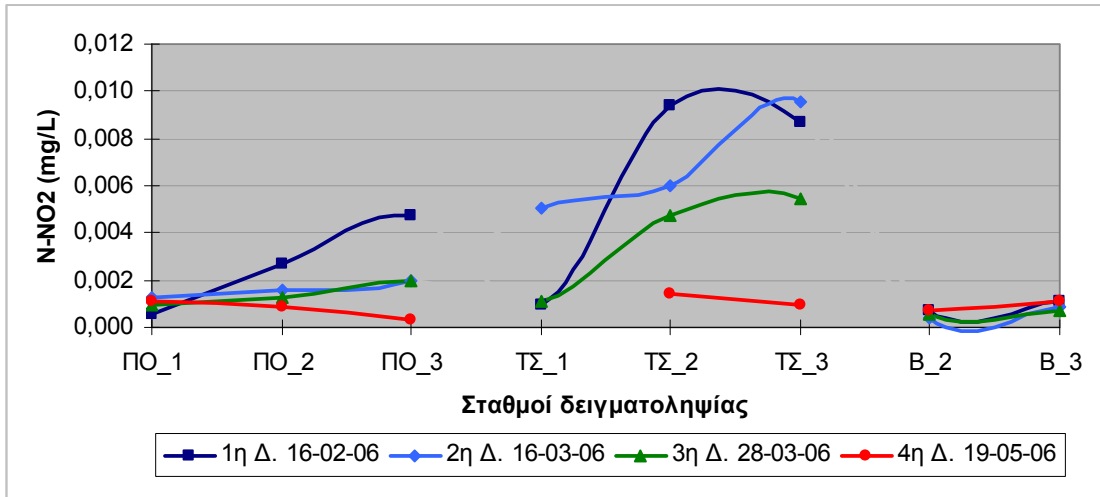
Ποταμιά οι τιμές κυμάνθηκαν από 0,000 mg/L έως και 0,798 mg/L, οι οποίες και οι δύο εμφανίστηκαν στο σταθμό ΠΟ3 της εκβολής. Ο Τσικνιάς πάλι εμφάνισε ελάχιστη τιμή ίση με 0,002 mg/L στον ΤΣ3 ενώ μέγιστη ίση με 1,248 mg/L στον ΤΣ1. Τέλος στο Βούβαρη η μικρότερη τιμή 0,011 mg/L βρέθηκε στο ΒΟ2 ενώ η μεγαλύτερη 0,147 mg/L στο ΒΟ3.

Από το Γράφημα 6 φαίνεται ότι ο Τσικνιάς παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές νιτρικών, ακολουθεί η Ποταμιά και τέλος ο Βούβαρης, ο οποίος παρουσιάζει αρκετά χαμηλές τιμές σε σχέση με τους άλλους δύο ποταμοχείμαρρους. Μάλιστα οι μέγιστες τιμές των νιτρικών παρουσιάζονται κυρίως στις εκβολές, συμπεράσμα στο οποίο καταλήγει κανείς μελετώντας τις τρεις πρώτες δειγματοληψίες. Η τέταρτη δειγματοληψία έδειξε ότι η παρουσία των νιτρικών είναι σχεδόν μηδενική αφού οι τιμές των συγκεντρώσεων ήταν πολύ χαμηλές πλησιάζοντας το όριο ανίχνευσης της μεθόδου.



**Γράφημα 6 :** Εποχιακή κατανομή των συγκεντρώσεων των νιτρικών ( $N-NO_3^-$ ) ως προς τους ποταμοχείμαρρους Ποταμιά, Τσικνιά και Βούβαρη.

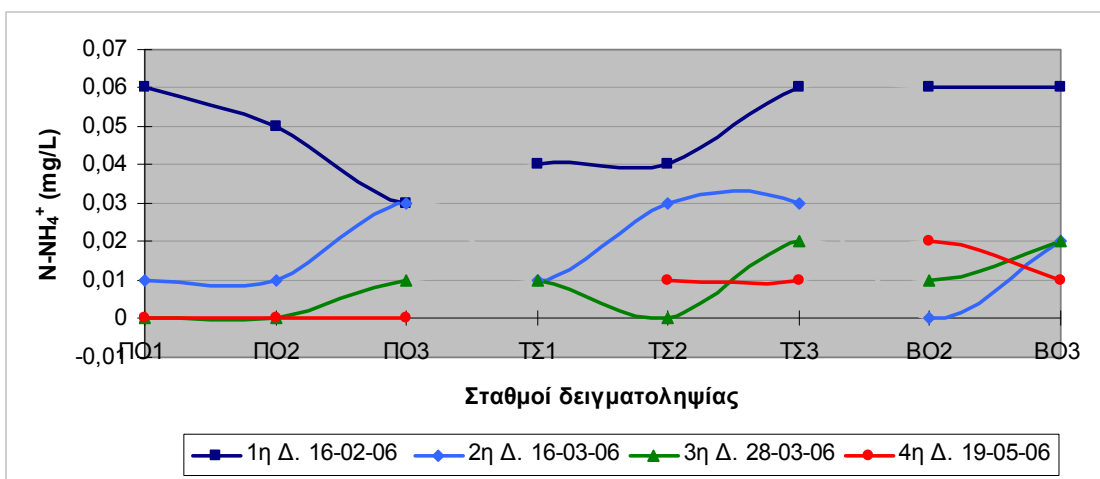
◇ Τα **νιτρώδη** ιόντα συναντώνται σε αναερόβιες συνθήκες. Στην παρούσα μελέτη οι τιμές των νιτρωδών στους τρεις ποταμοχείμαρρους ήταν πολύ χαμηλές. Όπως φαίνεται στο Γράφημα 7 τις μεγαλύτερες τιμές τις παρουσιάζει ο Τσικνιάς στους σταθμούς ΤΣ2 και ΤΣ3. Οι μέσες τιμές των νιτρωδών κυμαίνονται από 0,001 mg/L η μικρότερη, η οποία συναντάται στους σταθμούς ΠΟ1, ΒΟ2 και ΒΟ3, έως και 0,006 mg/L, η μεγαλύτερη, στον σταθμό ΤΣ3. Πιο αναλυτικά για τον κάθε ποταμοχείμαρρο, στην Ποταμιά παρουσιάστηκαν η μικρότερη τιμή 0,000 mg/L και η μεγαλύτερη τιμή 0,005 mg/L στον ίδιο σταθμό (ΠΟ3). Στον Τσικνιά η μικρότερη τιμή 0,001 mg/L παρουσιάστηκε και στους τρεις σταθμούς (ΤΣ1, ΤΣ2 και ΤΣ3) ενώ η μεγαλύτερη τιμή ήταν 0,010 mg/L στον ΤΣ3. Τέλος ο ΒΟ2 παρουσίασε τη μικρότερη τιμή 0,000 mg/L, ενώ ο ΒΟ3 τη μέγιστη τιμή 0,059.



Γράφημα 7 : Εποχιακή κατανομή των συγκεντρώσεων των νιτρωδών ως προς τους ποταμοχειμάρρους Ποταμιά, Τσικινιά και Βούβαρη.

Και στα νιτρώδη οι μεγαλύτερες τιμές παρουσιάστηκαν κυρίως στις εκβολές, με εξαίρεση την τέταρτη δειγματοληψία για την οποία ισχύουν διαφορετικές καιρικές συνθήκες, δηλαδή άνοδος τις θερμοκρασίας και μειωμένες έως και ανύπαρκτες βροχοπτώσεις.

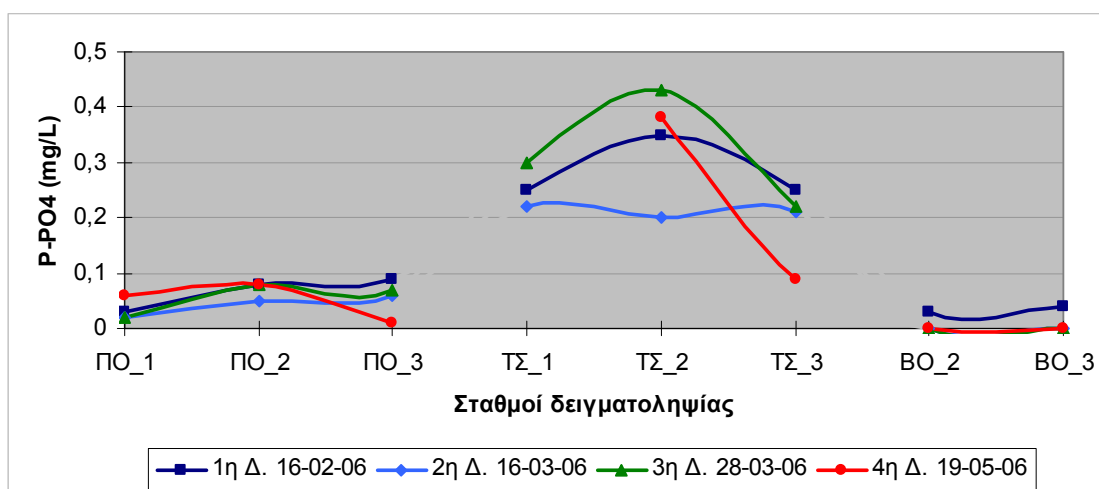
◇ Η αμμωνία και το **αμμωνιακό** ιόν αποτελούν την πιο ανηγμένη μορφή του αζώτου, με την οποία απαντά το ανόργανο άζωτο σε αναερόβιες συνθήκες, όπως ο πυθμένας σε στρωματοποιημένες λίμνες.



**Γράφημα 8 :** Εποχιακή κατανομή των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών ως προς τους ποταμοχειμάρρους Ποταμιά, Τσικνιά και Βούβαρη.

Στην παρούσα μελέτη οι τιμές των αμμωνιακών βρέθηκαν αρκετά χαμηλές, μάλιστα η μικρότερη μέση τιμή ήταν 0,016 mg/L (ΠΟ3) και η μεγαλύτερη μέση τιμή ήταν 0,031 mg/L (ΤΣ3). Στην Ποταμιά οι σταθμοί ΠΟ2 και ΠΟ3 εμφάνισαν τη χαμηλότερη τιμή ίση με 0,002 mg/L, ενώ ο σταθμός ΠΟ1 παρουσίασε τη μεγαλύτερη τιμή ίση με 0,058 mg/L. Στον Τσικνιά οι τιμές κυμάνθηκαν από 0,001 mg/L στον ΤΣ2 έως και 0,056 mg/L στον ΤΣ3. Τέλος στο Βούβαρη υπήρξε σταθμός που έδειξε την απουσία των αμμωνιακών (τιμή ίση με 0,000 mg/L στον ΒΟ2), αλλά και σταθμός με μεγαλύτερη τιμή ίση με 0,059 mg/L στο ΒΟ3. Συγκρίνοντας τις δειγματοληψίες στο Γράφημα 8 φαίνεται πολύ καθαρά ότι οι μεγαλύτερες τιμές των αμμωνιακών συναντώνται στην πρώτη δειγματοληψία, ενώ στην τέταρτη δειγματοληψία, που πραγματοποιήθηκε τέλος Μαΐου (19-05-06) παρουσιάζονται οι μικρότερες τιμές.

◇ Συγκρίνοντας τις δειγματοληψίες στο Γράφημα 9 φαίνονται αρκετές ομοιότητες μεταξύ των τριών ποταμοχειμάρρων, δηλαδή οι μεγαλύτερες τιμές των **φωσφορικών** εμφανίζονται στον ποταμοχειμάρρο Τσικνιά από ότι στους άλλους ποταμοχειμάρρους.

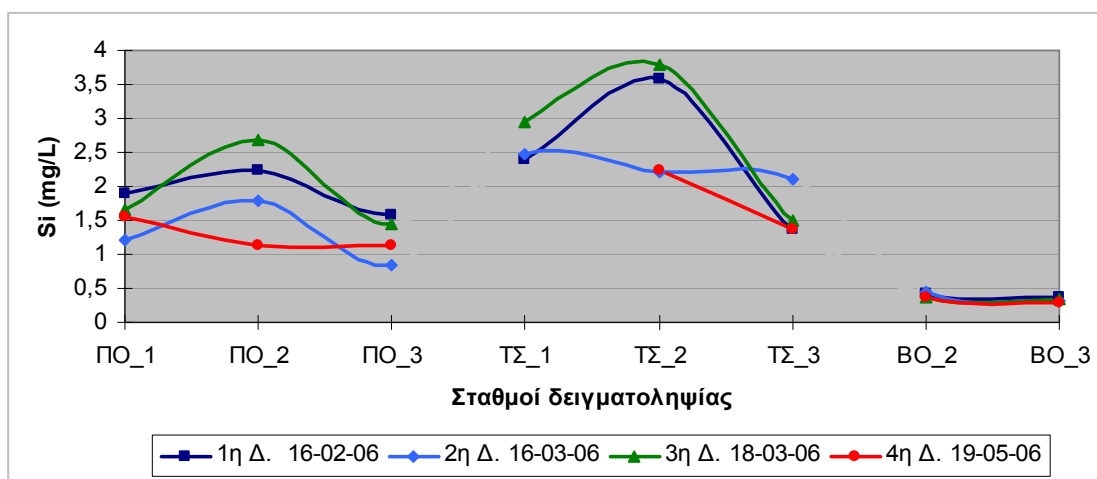


**Γράφημα 9 :** Εποχιακή κατανομή των συγκεντρώσεων των φωσφορικών ως προς τους ποταμοχειμάρρους Ποταμιά, Τσικνιά και Βούβαρη.

Μάλιστα η μεγαλύτερη τιμή εμφανίζεται κάθε φορά στο σταθμό ΤΣ2, εκτός από τη δεύτερη δειγματοληψία που η τιμή είναι λίγο μικρότερη από τον ΤΣ3 και τον ΤΣ1. Η μέγιστη τιμή των φωσφορικών άλλωστε είναι 0,341 mg/L στον ΤΣ2, ενώ η μικρότερη μέση τιμή είναι 0,009 mg/L στο ΒΟ2. Πιο αναλυτικά στην Ποταμιά οι τιμές των φωσφορικών κυμαίνονται από 0,005 mg/L έως 0,088 mg/L, ελάχιστη και μέγιστη τιμή αντίστοιχα, οι οποίες παρουσιάστηκαν στον ίδιο σταθμό ΠΟ3. Οι τιμές του Τσικνιά, οι οποίες παρουσιάζονται

κατά πολύ πιο υψηλές, κυμαίνονται από 0,089 mg/L στον ΤΣ3 έως και 0,434 mg/L στον ΤΣ2, δηλαδή η ελάχιστη τιμή στον Τσικνιά αποτελεί τη μέγιστη τιμή στην Ποταμιά. Ο Βούβαρης τέλος, ο οποίος έχει τις μικρότερες τιμές, παρουσιάζει την ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή στον ίδιο σταθμό ΒΟ3, 0,001 mg/L και 0,042 mg/L αντίστοιχα. Στους σταθμούς, που αντιστοιχούν στις πηγές, οι τιμές είναι χαμηλότερες από ότι στους άλλους σταθμούς που αντιστοιχούν στις επιβαρυμένες περιοχές και στις εκβολές.

◊ Παρατηρώντας τις μέσες τιμές των **πυριτικών** στον Πίνακα 11 φαίνεται να κυμαίνονται από 1,162 mg/L στο ΒΟ3 έως 2,954 mg/L στον ΤΣ2. Στην Ποταμιά η μικρότερη τιμή είναι 0,852 mg/L στο σταθμό της εκβολής (ΠΟ3), ενώ η μεγαλύτερη τιμή είναι 2,691 mg/L στο σταθμό ΠΟ2. Ο Τσικνιάς παρουσίασε ελάχιστη τιμή πυριτικών 1,375 mg/L στην εκβολή (ΤΣ3) και μέγιστη τιμή 3,796 mg/L στο σταθμό δειγματοληψίας ΤΣ3. Τέλος του Βούβαρη οι τιμές κυμαίνονται από 0,963 mg/L επίσης στο σταθμό της εκβολής ΒΟ3 έως 1,824 mg/L στο σταθμό ΒΟ2.



**Γράφημα 10:** Εποχιακή κατανομή των συγκεντρώσεων των πυριτικών ως προς τους ποταμοχειμάρρους Ποταμιά, Τσικνιά και Βούβαρη.

Συγκρίνοντας λοιπόν τις δειγματοληψίες ανά σταθμό δειγματοληψίας είναι ξεκάθαρο ότι οι μέγιστες τιμές παρουσιάζονται στους σταθμούς Σ.Δ.2, δηλαδή οι περιοχές στη μέση των ποταμοχειμάρρων που θεωρούνται ότι δέχονται μεγαλύτερη ανθρωπογενή επιβάρυνση, ενώ μικρότερες τιμές παρουσιάζονται στους σταθμούς Σ.Δ.1 και Σ.Δ.3 και κυρίως στους σταθμούς Σ.Δ.3, που αντιστοιχούν στις εκβολές των ποταμοχειμάρρων, γεγονός που φαίνεται και στο Γράφημα 10. Επίσης φαίνεται πολύ καθαρά ότι μεγαλύτερες τιμές παρουσιάζει στο σύνολο του ο Τσικνιάς, λίγο χαμηλότερες η Ποταμιά κι ακόμη πιο μικρές ο Βούβαρης. Μεγάλη ομοιότητα στις τιμές φαίνεται μεταξύ πρώτης και τρίτης δειγματοληψίας, ενώ στη δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές είναι λίγο πιο χαμηλές από τις άλλες δύο.

Πίνακας 11 : Μέσες τιμές, εύρος και τυπική απόκλιση των τιμών, για τους διαφορετικούς σταθμούς δειγματοληψίας.

		ΠΟ1	ΠΟ2	ΠΟ3	ΤΣ1	ΤΣ2	ΤΣ3	ΒΟ2	ΒΟ3
T (°C)	mean	<b>11,2</b>	<b>13,1</b>	<b>14,6</b>	<b>12,6</b>	<b>14,7</b>	<b>13,8</b>	<b>17,8</b>	<b>16,7</b>
	range	4,3 - 18,6	5,3 - 23,3	6,5 - 24,1	6,9 - 20,1	8,1 - 23,7	6,4 - 23,9	11,5 - 25,1	10,1 - 24,4
	SD (n= 4)	5,86	7,48	7,24	6,77	7,06	7,56	5,67	6,03
pH	mean	<b>7,2</b>	<b>7,9</b>	<b>8,0</b>	<b>7,7</b>	<b>8,0</b>	<b>8,2</b>	<b>8,2</b>	<b>8,4</b>
	range	6,2 - 8,0	7,3 - 8,4	7,6 - 8,3	7,4 - 7,9	7,8 - 8,3	7,9 - 8,5	7,9 - 8,6	7,9 - 8,9
	SD (n= 4)	0,77	0,48	0,36	0,22	0,25	0,26	0,31	0,49
DO (mg/L)	mean	<b>13,13</b>	<b>14,0</b>	<b>11,53</b>	<b>17,4</b>	<b>13,8</b>	<b>12,53</b>	<b>10,6</b>	<b>9,93</b>
	range	8,8 - 15,6	12,3 - 16,2	10 - 14,5	14,6 - 20,2	8,8 - 17,5	6,8 - 16,9	8,9 - 12,1	7,8 - 12,5
	SD (n= 3)	3,76	2	2,57	3,96	4,49	5,19	1,61	2,38
T_Alk (mg/L)	mean	<b>**</b>	<b>103,4</b>	<b>84,0</b>	<b>**</b>	<b>102,7</b>	<b>136,4</b>	<b>357,9</b>	<b>376,3</b>
	range		40,3 - 196,5	40,3 - 107,4		56,1 - 120,8	59,8 - 166,6	212,4 - 587,0	266,1 - 473,5
	SD (n= 4)		66,08	29,9		31,08	51,19	160,39	109,83
Chl-a (mg/m <sup>3</sup> )	mean	<b>0,856</b>	<b>0,855</b>	<b>7,407</b>	<b>0,842</b>	<b>4,626</b>	<b>5,79</b>	<b>0,656</b>	<b>0,593</b>
	range	0,411 - 1,677	0,182 - 2,059	0,447 - 23,757	0,200 - 1,894	0,214 - 13,121	0,651 - 16,047	0,208 - 2,053	0,199 - 1,165
	SD (n=4)	0,436	0,692	10,456	0,681	5,361	6,540	0,629	0,368
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	mean	<b>0,063</b>	<b>0,145</b>	<b>0,495</b>	<b>0,623</b>	<b>0,410</b>	<b>0,815</b>	<b>0,018</b>	<b>0,075</b>
	range	0,039 - 0,089	0,007 - 0,238	0,000-0,798	0,195-1,248	0,028-0,874	0,002-1,245	0,011-0,033	0,016-0,147
	SD (n= 4)	0,025	0,104	0,344	0,554	0,367	0,555	0,010	0,056
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	mean	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>	<b>0,005</b>	<b>0,006</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>
	range	0,001	0,001-0,003	0,000-0,005	0,001-0,005	0,001-0,009	0,001-0,010	0,000-0,001	0,001
	SD (n= 4)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	mean	<b>0,020</b>	<b>0,017</b>	<b>0,016</b>	<b>0,021</b>	<b>0,023</b>	<b>0,031</b>	<b>0,022</b>	<b>0,027</b>
	range	0,005-0,058	0,002-0,053	0,002-0,027	0,011-0,038	0,001-0,045	0,012-0,056	0,000-0,055	0,008-0,059
	SD (n= 4)	0,026	0,024	0,012	0,015	0,020	0,019	0,025	0,022
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	mean	<b>0,033</b>	<b>0,073</b>	<b>0,058</b>	<b>0,258</b>	<b>0,341</b>	<b>0,193</b>	<b>0,009</b>	<b>0,013</b>
	range	0,019-0,056	0,055-0,081	0,005-0,088	0,221-0,301	0,197-0,434	0,089-0,249	0,002-0,027	0,001-0,042
	SD (n= 4)	0,016	0,012	0,037	0,040	0,102	0,071	0,012	0,020
Si (mg/L)	mean	<b>1,580</b>	<b>1,959</b>	<b>1,250</b>	<b>2,611</b>	<b>2,954</b>	<b>1,594</b>	<b>1,542</b>	<b>1,162</b>
	range	1,212-1,886	1,129-2,691	0,852-1,575	2,393-2,963	2,221-3,796	1,375-2,113	1,384-1,824	0,963-1,411
	SD (n= 4)	0,281	0,666	0,327	0,308	0,845	0,351	0,201	0,203



## 5.2 Ιεραρχική ομαδοποίηση και δενδρογράμματα

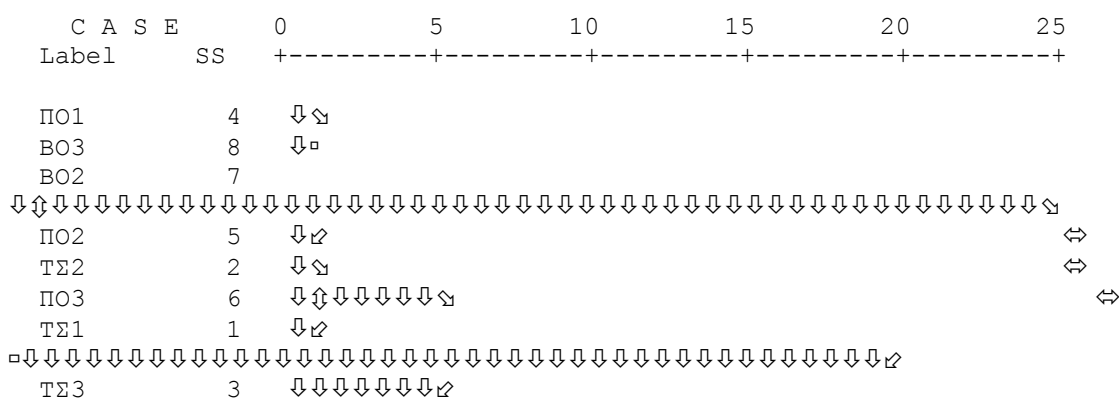
Με τη χρήση του προγράμματος SPSS 14 πραγματοποιήθηκε η επεξεργασία των μέσων τιμών των συγκεντρώσεων των παραμέτρων. Με τη μέθοδο Ward και το τετράγωνο της Ευκλείδειας απόστασης έγινε ομαδοποίηση των σταθμών δειγματοληψίας, ΤΣ1, ΤΣ2, ΤΣ3, ΠΟ1, ΠΟ2, ΠΟ3, ΒΟ2 ΚΑΙ ΒΟ3 και κατασκευάστηκαν τέσσερα δενδρογράμματα σύμφωνα με τα παρακάτω κριτήρια:

1. Δενδρόγραμμα ως προς N-NO<sub>3</sub>
2. Δενδρόγραμμα ως προς P-PO<sub>4</sub> (DIP)
3. Δενδρόγραμμα ως προς N-NO<sub>3</sub> και P-PO<sub>4</sub>
4. Δενδρόγραμμα ως προς N-NO<sub>3</sub>, P-PO<sub>4</sub> και Chl-a

Η μονάδα μέτρησης των συγκεντρώσεων της χλωροφύλλης παρέμεινε όπως ήταν mg/m<sup>3</sup>, ενώ οι μονάδες μέτρησης των N-NO<sub>3</sub> και P-PO<sub>4</sub> από mg/L πού ήταν, άλλαξαν σε μM. Αυτό έγινε με σκοπό οι αριθμοί να κυμαίνονται στην ίδια τάξη τιμών. Επίσης έγινε μετασχηματισμός των δεδομένων (προτυποποίηση), ώστε να εξομαλυνθούν οι μεγάλες διαφορές μεταξύ των τιμών.

**Δενδρόγραμμα 1:** Ιεραρχική ομαδοποίηση των σταθμών δειγματοληψίας ως προς το νιτρικό άζωτο, με τη μέθοδο Ward και το τετράγωνο της Ευκλείδειας απόστασης.

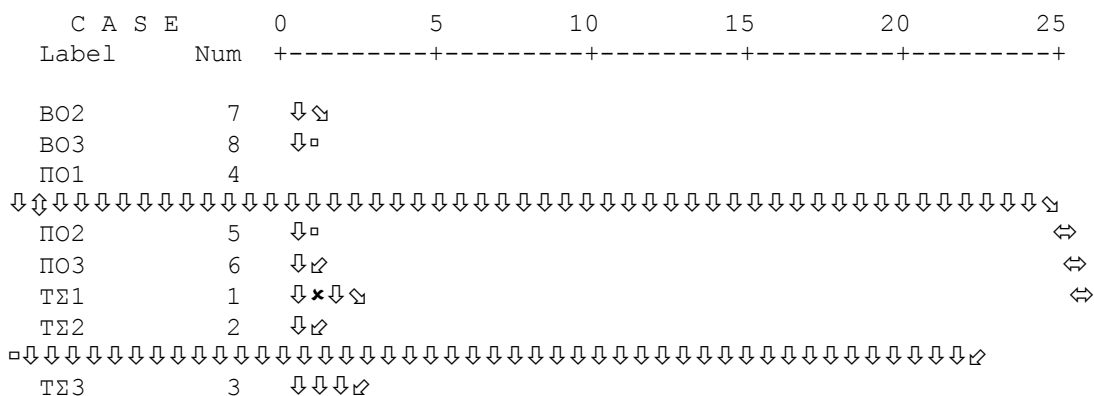
**Dendrogram using Ward Method –Sq. Euclidean – N-NO<sub>3</sub> transformed**  
Rescaled Distance Cluster Combine



Σύμφωνα με το δενδρόγραμμα φαίνεται καθαρά η δημιουργία δύο κύριων ομάδων. Πιο συγκεκριμένα η πρώτη ομάδα αποτελείται από τους σταθμούς του Βούβαρη και της Ποταμιάς με εξαίρεση το σταθμό ΠΟ3 (εκβολή). Ο σταθμός ΠΟ3 με τη σειρά του ενώνεται με τους σταθμούς του Τσικνιά ΤΣ1 και ΤΣ2 δημιουργώντας μια μικρή ομάδα, η οποία σε συνδυασμό με το σταθμό ΤΣ3 αποτελούν τη δεύτερη κύρια ομάδα.

**Δενδρόγραμμα 2:** Ιεραρχική ομαδοποίηση των σταθμών δειγματοληψίας ως προς το διαλυτό ανόργανο φώσφορο (DIP) με τη μέθοδο Ward και το τετράγωνο της Ευκλείδειας απόστασης.

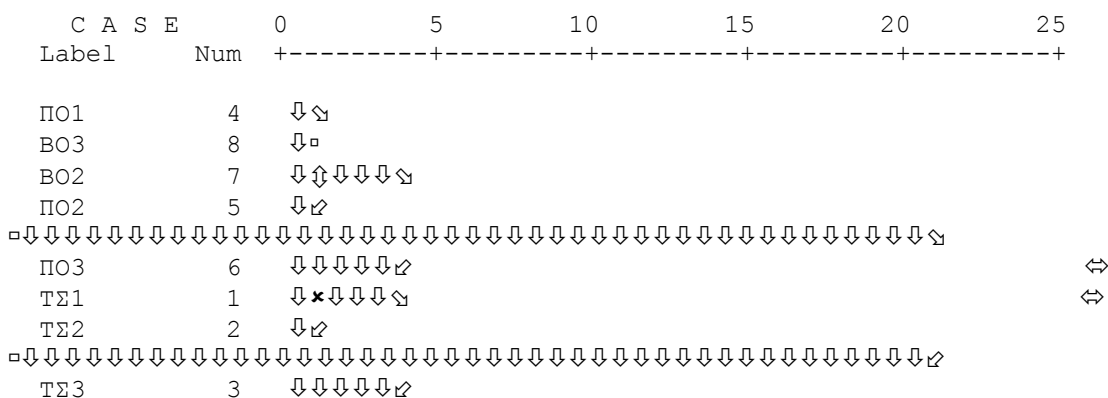
**Dendrogram using Ward Method –Sq. Euclidean Phosphates transformed**  
Rescaled Distance Cluster Combine



Η ομαδοποίηση των σταθμών δειγματοληψίας με κριτήριο τα φωσφορικά παρουσιάζει παρόμοια εικόνα με αυτή των νιτρικών. η διαφορά είναι ο σταθμός ΠΟ3, ο οποίος απουσιάζει από τη δεύτερη ομάδα, ενώ βρίσκεται στην πρώτη. Πιο συγκεκριμένα η πρώτη ομάδα αποτελείται από τους σταθμούς των δύο ποταμοχειμάρρων Βούβαρη και Ποταμιάς, ενώ στη δεύτερη βασική ομάδα ανήκουν οι σταθμοί του Τσικνιά, όπου οι σταθμοί ΤΣ1 και ΤΣ2 δημιουργούν μία μικρή ομάδα, η οποία ενώνεται με το σταθμό ΤΣ3.

**Δενδρόγραμμα 3:** Ιεραρχική ομαδοποίηση των σταθμών δειγματοληψίας ως προς το νιτρικό άζωτο και το διαλυτό ανόργανο φώσφορο (DIP) με τη μέθοδο Ward και το τετράγωνο της Ευκλείδειας απόστασης.

**Dendrogram using Ward Method–sq Euclidean –transformed– N-NO<sub>3</sub> & P-PO<sub>4</sub> (DIP)**  
Rescaled Distance Cluster Combine





## 6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 6.1. Σχετικά με τα αποτελέσματα

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι ο χαρακτηρισμός της οικολογικής εκτίμησης των τριών ποταμοχειμάρρων Τσικνιά, Ποταμιάς και Βούβαρη του κόλπου Καλλονής, λαμβάνοντας υπόψη κάποιες οικολογικές παραμέτρους. Η μελέτη αναφέρεται χρονικά από την περίοδο, που η ροή του νερού παρατηρείται αρκετά μεγάλη, λόγω έντονων και συχνών βροχοπτώσεων (Φεβρουάριος 2006) έως και τη χρονική περίοδο, που η ροή του νερού μειώνεται αρκετά ή ακόμη γίνεται και μηδενική (Μάιος 2006) σε κάποιους σταθμούς δειγματοληψίας.

Αρχικά οι τρεις συγκεκριμένοι ποταμοχειμάρροι Ποταμιά, Τσικνιάς και Βούβαρης, που εκβάλουν στον κόλπο Καλλονής επιλέχθηκαν από το σύνολο των ποταμοχειμάρρων, το οποίο είναι αρκετά μεγάλο, επειδή είναι περισσότερο αντιπροσωπευτικοί κυρίως ως προς την παροχή τους. Μάλιστα η παροχή αποτελεί ένα βασικό κριτήριο, που καθορίζει τη συγκέντρωση μιας ουσίας στο ποταμίσιο νερό (Σκουληκίδης 1997). Σύμφωνα λοιπόν με τα εποχιακά γραφήματα παρατηρήθηκαν τα παρακάτω:

Η **θερμοκρασία** δείχνει αναμενόμενη εικόνα, δηλαδή από μήνα σε μήνα οι τιμές της αυξάνονται. Ενδιαφέρον όμως παρουσιάζει το μεγάλο χάσμα θερμοκρασίας, της τάξεως των 15 °C με 20°C, μεταξύ Φεβρουαρίου και Μαΐου, γεγονός, που πιθανόν να οφείλεται στο ότι πρόκειται για μικρά ποτάμια με μικρό βάθος. Συγκρίνοντας την Ποταμιά και το Βούβαρη, ο Βούβαρης παρουσιάζει πάντα λίγο υψηλότερες τιμές της τάξεως των 5 °C περίπου. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο συνδυασμό της μικρής κλίσης της περιοχής του Βούβαρη, άρα και το μεγαλύτερο χρόνο παραμονής των νερών, όπως επίσης και στο γεγονός ότι ήταν πάντα ο τρίτος κατά σειρά ποταμοχειμάρρος δειγματοληψίας, η οποία πραγματοποιούνταν αργά το μεσημέρι ενώ στην Ποταμιά οι δειγματοληψίες γινόντουσαν αρχικά νωρίς το πρωί. Μπορεί το νερό να παρουσιάζει μεγάλη ειδική θερμοχωρητικότητα και να απαιτείται μεγάλος χρόνος για να θερμανθεί, από την άλλη όμως, επειδή η περιοχή μελέτης ήταν αβαθής και υπήρχε έντονη ηλιοφάνεια τις ημέρες των δειγματοληψιών κάνει το φαινόμενο αυτό να δείχνει πιστευτό.

Επειδή οι μέσες τιμές του **pH** κυμαίνονται από 7,2 έως και 8,4, τα νερά θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ελαφρώς αλκαλικά. Συγκρίνοντας τις τιμές των τριών ποταμοχειμάρρων για τις τέσσερις δειγματοληψίες προκύπτουν τα εξής: τις μεγαλύτερες διακυμάνσεις τιμών εποχιακά παρουσιάζει η Ποταμιά. Πιο συγκεκριμένα και οι τρεις σταθμοί παρουσιάζουν την ίδια εικόνα χρονικά, δηλαδή οι τιμές του pH στη δεύτερη δειγματοληψία είναι μεγαλύτερες από τις τιμές της πρώτης δειγματοληψίας, στην τρίτη δειγματοληψία οι τιμές και πάλι μειώνονται, ενώ στην τέταρτη δειγματοληψία οι τιμές και πάλι αυξάνονται. Στην Τρίτη δειγματοληψία ίσως οι τιμές του pH να μειώνονται λόγω αραίωσης επειδή μία μέρα πριν τη δειγματοληψία είχε έντονη βροχή. Συγκρίνοντας τους ποταμοχειμάρρους μεταξύ τους φαίνεται πως σε αντίθεση με την Ποταμιά, ο Τσικνιάς παρουσιάζει τη μεγαλύτερη σταθερότητα των τιμών, ενώ ο Βούβαρης στο σύνολο του παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές. Οι αυξημένες τιμές του Βούβαρη πιθανόν να οφείλονται στο γεωγραφικό υπόβαθρο του Βούβαρη, συμπεράσμα στο οποίο θα μπορούσε κάποιος να καταλήξει, μετά από την ύπαρξη μεγαλύτερου αριθμού

δεδομένων ή μετά από εξειδικευμένη μελέτη. Η ομοιότητα και των τριών ποταμοχειμάρρων είναι ότι οι εκβολές παρουσίαζαν τη μεγαλύτερη τιμή, από τους άλλους σταθμούς, που αντιστοιχούν στη μέση και στην πηγή, ίσως επειδή στην εκβολή γίνεται ανάμειξη γλυκού και θαλασσινού νερού, του οποίου το pH είναι μεγαλύτερο από αυτό του γλυκού νερού.

Οι τιμές της **αλκαλικότητας** της πρώτης και τρίτης δειγματοληψίας και για τους τρεις ποταμοχειμάρρους παρουσιάζουν μεγάλη ομοιότητα. Συγκρίνοντας το Βούβαρη με την Ποταμιά και τον Τσικνιά, φαίνεται καθαρά πως ο πρώτος παρουσιάζει αρκετά υψηλότερες τιμές σε σχέση με τους άλλους δύο, γεγονός που συμβαδίζει με τις επίσης υψηλότερες τιμές του pH στο Βούβαρη. Ο Βούβαρης βέβαια, όσον αφορά τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του είναι εντελώς διαφορετικός από τους άλλους δύο ποταμοχειμάρρους.

Οι τιμές της **χλωροφύλλης**, η οποία αποτελεί μία βιολογική παράμετρο, στις τρεις πρώτες δειγματοληψίες φαίνονται να παρουσιάζουν την ίδια εικόνα, με εξαίρεση το σταθμό ΤΣ3 από τη Δεύτερη δειγματοληψία, όπου η τιμή του ξεφεύγει σε αρκετά υψηλά επίπεδα. Η όμοια αυτή εικόνα έχει να κάνει με τη μικρή άνοδο των τιμών της χλωροφύλλης από την πρώτη έως και την τέταρτη δειγματοληψία, γεγονός που φαίνεται λογικό, αφού οι τιμές της χλωροφύλλης το χειμώνα είναι πολύ μειωμένες, ενώ την άνοιξη αυξάνονται απότομα, λόγω αύξησης ηλιοφάνειας και θερμοκρασίας και παράλληλα κατανάλωσης των θρεπτικών, γεγονός που φαίνεται και στα αποτελέσματα της εργασίας. Στην τέταρτη δειγματοληψία αυτό φαίνεται καλύτερα αφού παρατηρήθηκαν αρκετές διακυμάνσεις των τιμών. Δηλαδή οι σταθμοί ΤΣ2, ΤΣ3 και ΠΟ3 εμφάνισαν αρκετά μεγάλες τιμές σε σχέση με το σύνολο των τιμών, που πάρθηκαν από όλες τις δειγματοληψίες, οι οποίες ξεπερνούσαν τα 10 mg/m<sup>3</sup>, γεγονός που δείχνει πως στον Τσικνιά κάτι συμβαίνει. Επίσης παρουσιάζεται ομοιότητα στις εκβολές όσον αφορά τη συμπεριφορά τους, γεγονός που δείχνει λογικό αφού οι εκβολές λειτουργούν ως παγίδα των θρεπτικών, με αποτέλεσμα την εποχή, που χαρακτηρίζεται από μεγάλη ηλιοφάνεια, αύξηση θερμοκρασίας και μείωση των βροχοπτώσεων η κατανάλωση των θρεπτικών και η αύξηση της χλωροφύλλης είναι φαινόμενα αλληλοεξαρτώμενα. Εκτός από αυτές τις ακραίες τιμές γίνεται μια σύγκριση των τριών ποταμοχειμάρρων για τις τρεις πρώτες δειγματοληψίες. Στην πρώτη δειγματοληψία οι τιμές των τριών ποταμοχειμάρρων κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα, εκτός από το σταθμό ΠΟ3, του οποίου η τιμή παρουσιάζεται μεγαλύτερη. Στη δεύτερη δειγματοληψία ο Τσικνιάς παρουσιάζει γενικά υψηλότερες τιμές από την Ποταμιά και τον Τσικνιά μεταξύ των οποίων είναι και η ακραία τιμή του ΤΣ3. Τέλος στην Τρίτη δειγματοληψία φαίνεται πως και στους τρεις ποταμοχειμάρρους οι συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα, με μόνη εξαίρεση το σταθμό ΤΣ2, που κάνει τη διαφορά παρουσιάζοντας λίγο μεγαλύτερη τιμή από τους άλλους σταθμούς.

Οι τιμές του **διαλυμένου οξυγόνου (DO)** δείχνουν πως και οι τρεις ποταμοχειμάρροι είναι καλά οξυγονωμένοι, παρά το γεγονός ότι μεταξύ δεύτερης και τέταρτης δειγματοληψίας οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου δείχνουν μικρή πτώση. Επίσης το γεγονός ότι στην τέταρτη δειγματοληψία οι τιμές του DO έχουν μειωθεί, φαίνεται λογικό, αφού συνδέεται με την άνοδο της θερμοκρασίας και την απουσία των βροχοπτώσεων. Άλλωστε η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί τη μείωση της διαλυτότητας των αερίων. Σχετικά με την τέταρτη δειγματοληψία, ο Τσικνιάς φαίνεται να έχει χαμηλότερη τιμή, γεγονός που πιθανόν να οφείλεται στην κατανάλωση του οξυγόνου κατά την αναπνοή της οργανικής ύλης.

Άλλωστε ο Τσικνιάς βρίσκεται μέχρι τώρα να είναι ο πιο επιβαρυνμένος από τους τρεις ποταμοχειμάρρους. Η Ποταμιά παρουσιάζει την πιο μεγάλη τιμή στην τέταρτη δειγματοληψία και κυρίως στο σταθμό ΠΟ2, ο οποίος είναι κοντά σε μικρό φράγμα και τα νερά ανανεώνονται συνεχώς λόγω της κίνησης του νερού από τα πιο ψηλά επίπεδα (τις πηγές). Μεταξύ δεύτερης και τρίτης δειγματοληψίας δεν παρουσιάζονται ουσιαστικές διαφορές μεταξύ των τιμών του διαλυμένου οξυγόνου.

Σχετικά με τα **νιτρικά**, συγκρίνοντας τους τρεις ποταμοχειμάρρους μεταξύ τους φαίνεται πως ο Τσικνιάς παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές, ακολουθεί η Ποταμιά και τέλος ο Βούβαρης, ο οποίος παρουσιάζει αρκετά χαμηλές τιμές σε σχέση με τους άλλους δύο. Συγκρίνοντας τώρα τα αποτελέσματα μεταξύ των τεσσάρων δειγματοληψιών φαίνεται καθαρά ότι στις τρεις πρώτες δειγματοληψίες είναι έντονη η παρουσία των νιτρικών, ενώ στην τέταρτη δειγματοληψία οι τιμές των νιτρικών μειώνονται αισθητά έως και μηδενίζονται σε πολλούς σταθμούς. Η εικόνα αυτή φαίνεται λογική, αφού οι τρεις πρώτες δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν μετά από βροχοπτώσεις, οπότε μεταφέρθηκαν νιτρικά ιόντα από τις γύρω γεωργικές περιοχές και περιοχές εκτροφής ζώων. Άλλωστε τα νιτρικά είναι αρκετά ευδιάλυτα στο νερό. Μάλιστα η χρονική εικόνα που παρουσιάζουν οι τρεις ποταμοχειμάρροι είναι όμοια μεταξύ τους, αφού ξεκινώντας από την πηγή και προχωρώντας προς τις εκβολές οι τιμές των νιτρικών αυξάνονται, ίσως επειδή οι εκβολές λόγω του σχήματος τους και της θέσης τους λειτουργούν σαν παγίδα των θρεπτικών συστατικών, που οδηγεί στον εμπλουτισμό αυτών των συστημάτων. Μόνο στην τέταρτη δειγματοληψία και συγκεκριμένα στην Ποταμιά δεν εμφανίζεται αυτή η εικόνα. Δηλαδή η εκβολή έχει χαμηλότερη τιμή, γεγονός, που πιθανόν να οφείλεται στην ύπαρξη του μικρού φράγματος στο σταθμό ΠΟ2, το οποίο εκείνη την περίοδο αποτέλεσε τον κύριο λόγο μείωσης της ροής του νερού, άρα και ελάχιστη μεταφορά γενικά των θρεπτικών (για την τέταρτη δειγματοληψία σχετικά με την Ποταμιά, εξαιτίας του φράγματος, παρατηρείται μικρή διαφορά στη συμπεριφορά του σε σχέση με τους άλλους δύο ποταμοχειμάρρους, όπως φάνηκε από τις αντίστοιχες μετρήσεις των περισσότερων παραμέτρων). Άλλωστε όπως ήδη έχει αναφερθεί το νερό εκείνη την περίοδο είχε ελαχιστοποιηθεί αρκετά. Βέβαια τα νιτρικά δεν αποτελούν καθοριστικό παράγοντα των θρεπτικών συστατικών στα ποτάμια που προκαλούν το φαινόμενο του ευτροφισμού.

Τα **νιτρώδη** παρουσιάζουν όμοια εικόνα με αυτή των νιτρικών, με διαφορά ότι οι τιμές τους είναι κατά πολύ μικρότερες. Πιο συγκεκριμένα οι τιμές αυξάνονται καθώς απομακρυνόμαστε από τις πηγές και πλησιάζουμε τις εκβολές. Ενώ στην τέταρτη δειγματοληψία οι τιμές των νιτρικών μειώνονται. Ξεχωρίζει λοιπόν η τέταρτη δειγματοληψία, η οποία αντιστοιχεί άλλωστε, σε περίοδο που χαρακτηρίζεται από αυξημένες θερμοκρασίες και απουσία βροχοπτώσεων.

Όσον αφορά το **αμμωνιακό ιόν**, οι τιμές του είναι αρκετά χαμηλές. Συγκρίνοντας τις δειγματοληψίες μεταξύ τους φαίνεται πως καθώς η μία διαδέχεται την άλλη οι τιμές των αμμωνιακών μειώνονται. Ενώ η σύγκριση μεταξύ των ποταμοχειμάρρων δεν οδηγεί τόσο στο ποιος παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές όσο στο ότι παρατηρείται η αύξηση των τιμών καθώς προχωράμε από τις πηγές προς τις εκβολές, με εξαίρεση την πρώτη δειγματοληψία στην Ποταμιά που οι τιμές μειώνονται κατά μήκος του ποταμοχειμάρρου.

Παρατηρώντας τις τιμές των συγκεντρώσεων των νιτρικών, νιτρωδών κι αμμωνιακών ιόντων, καθώς επίσης και τις τιμές του διαλυμένου οξυγόνου, επιβεβαιώνεται το συμπέρασμα ότι οι τρεις ποταμοχείμαρροι είναι αρκετά οξυγονωμένοι. Κι αυτό γιατί στις αερόβιες συνθήκες το άζωτο υπάρχει με την πλήρη οξειδωμένη μορφή του (+5), τα νιτρικά ιόντα, ενώ στις αναερόβιες συνθήκες το άζωτο υπάρχει με την πιο ανηγμένη του μορφή (-3), την αμμωνία και το αμμωνιακό ιόν, αλλά και με τη μορφή των νιτρωδών (+3) (Κουιμτζής και άλλοι 1998). Πραγματικά οι συγκεντρώσεις των νιτρικών εμφανίζονται κατά πολύ μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες των νιτρωδών και των αμμωνιακών (σε mg/L).

**Τα φωσφορικά** δεν αποτελούν απειλή για τον άνθρωπο και τα ζώα, όμως προκαλούν εμπλουτισμό των νερών με θρεπτικά συστατικά. Ο εμπλουτισμός αυτός έχει σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη υδροχαρών φυτών σε τέτοιο βαθμό, ώστε να προκαλούνται σοβαρά προβλήματα στους υδρόβιους οργανισμούς (ευτροφισμός). Μία από τις μεγαλύτερες πηγές φωσφορικών ως ρυπαντές των νερών είναι τα απορρυπαντικά. Οι τιμές των φωσφορικών παρουσιάζουν κατά τη διάρκεια των τεσσάρων δειγματοληψιών την ίδια εικόνα. Δηλαδή παρουσιάζεται μία σταθερότητα των τιμών, ενώ θα περιμέναμε τουλάχιστον στην τέταρτη δειγματοληψία οι τιμές να μειωθούν κατά πολύ. Αυτό σημαίνει ότι τα φωσφορικά προέρχονται από σταθερή πηγή, που είναι είτε τα απόβλητα, είτε και τα λιπάσματα, τα οποία είναι περισσότερο εμπλουτισμένα με φωσφορικές ενώσεις. Επίσης ο Τσικνιάς παρουσιάζει αρκετά υψηλότερες τιμές από τους άλλους δύο ποταμοχείμαρρους, ίσως επειδή κατά μήκος του εκτρέφονται ζώα (κυρίως προβατοειδή και βοοειδή). Ενώ μεταξύ Ποταμιάς και Βούβαρη, η πρώτη παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές από τον δεύτερο αλλά με μικρή διαφορά. Επίσης οι μεγαλύτερες τιμές παρουσιάστηκαν στους σταθμούς 2, που αντιστοιχούν στις επιβαρυνμένες περιοχές των ποταμοχείμαρρων. Στα νερά των ποταμών τα φωσφορικά είναι αυτά, που καθορίζουν την ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών, άρα αποτελούν καθοριστικό παράγοντα του ευτροφισμού (Φυτιάνος 1996).

Κυρίως από τις υψηλές τιμές συγκεντρώσεων φωσφορικών και νιτρικών ιόντων στον Τσικνιά φαίνεται ότι ο Τσικνιάς είναι ο πιο επιβαρυνμένος ποταμοχείμαρρος, ενώ ο λιγότερο είναι ο Βούβαρης. Ειδικά για το Βούβαρη τα αποτελέσματα των μετρήσεων είναι ενθαρρυντικά, αφού δείχνουν την καθαρότητα του Βούβαρη, αν ληφθεί υπόψη ότι μέχρι και το 2000 ήταν χώρος διάθεσης του συνόλου των ανεπεξέργαστων βοθρολυμάτων του νησιού.

Σχετικά με τα **πυριτικά** ιόντα, δεν παρουσιάζονται ιδιαίτερες διακυμάνσεις μεταξύ των δειγματοληψιών. Μόνο στην τέταρτη δειγματοληψία οι τιμές εμφανίζονται κατά λίγο μειωμένες. Συγκρίνοντας τις τέσσερις δειγματοληψίες μεταξύ τους, ακόμη και με τις μικρές διακυμάνσεις, που παρατηρούνται φαίνεται πως μεταξύ πρώτης και δεύτερης δειγματοληψίας οι τιμές μειώνονται, στην Τρίτη δειγματοληψία οι τιμές αυξάνονται και τέλος στην τέταρτη και πάλι μειώνονται. Η μικρή αυτή αύξηση, που παρατηρείται στην Τρίτη δειγματοληψία πιθανόν να οφείλεται σε έντονη βροχόπτωση που είχε προηγηθεί. Συγκρίνοντας τους τρεις ποταμοχείμαρρους μεταξύ τους, και πάλι ο Τσικνιάς παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές, γεγονός που ίσως να οφείλεται στο γεωλογικό του υπόβαθρο, ακολουθεί η Ποταμιά και τέλος με αρκετά χαμηλές τιμές έρχεται ο Βούβαρης. Οι τρεις ποταμοχείμαρροι επίσης παρουσιάζουν όμοια εικόνα, αφού φαίνεται ο σταθμός δειγματοληψίας, που αντιστοιχεί στη μέση (ΠΟ2, ΤΣ2

& ΒΟ2) να έχει υψηλότερες τιμές. Αυτό ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι τα νερά σε αυτά τα σημεία είναι πιο στάσιμα και υπάρχει περισσότερος χρόνος επαφής του νερού με τα πετρώματα.

Με τη βοήθεια των δενδρογραμμάτων πραγματοποιήθηκε ομαδοποίηση των σταθμών δειγματοληψίας με διαφορετικά κριτήρια. Γίνεται προσπάθεια ομαδοποίησης ως προς διαφορετικά κριτήρια για να δούμε αν οι ποταμοχείμαρροι παρουσιάζουν παρόμοια ή παραπλήσια εικόνα μεταξύ τους. Η κύρια εικόνα των ομάδων είναι η εξής: στην ουσία ο Τσικνιάς, του οποίου οι τιμές είναι αρκετά μεγαλύτερες από την Ποταμιά και το Βούβαρη είναι λογικό να δημιουργεί από μόνος του μία ομάδα. Η δεύτερη ομάδα από την άλλη αποτελείται από το Βούβαρη και την Ποταμιά. Οι δύο αυτοί ποταμοχείμαρροι παρουσιάζουν μεγαλύτερη ομοιότητα μεταξύ τους και οι αποστάσεις των τιμών τους είναι μικρότερες από αυτές σε σχέση με τον Τσικνιά. Τη διαφορά στα δενδρογράμματα, την κάνει ο σταθμός ΠΟ3, ο οποίος ανάλογα με τα κριτήρια σύγκρισης εντάσσεται άλλοτε στην κοινή ομάδα των Βούβαρη και Ποταμιάς κι άλλοτε παρουσιάζει μεγάλη ομοιότητα με τους σταθμούς του Τσικνιά, οπότε κι εντάσσεται στην ομάδα του.

Πιο συγκεκριμένα, ξεκινώντας από το **δενδρόγραμμα των νιτρικών**, οι ομάδες που προέκυψαν ήταν οι εξής δύο:

ΟΜΑΔΑ Α: ΠΟ1,ΠΟ2,ΒΟ2,ΒΟ3 (Απουσία του ΠΟ3)

ΟΜΑΔΑ Β: ΠΟ3, ΤΣ1,ΤΣ2,ΤΣ3

Στην ομάδα Β η απόσταση μεταξύ των σταθμών ΠΟ3-ΤΣ1 (0,321) και ΠΟ3-ΤΣ2 (0,202) είναι αρκετά μικρή, με αποτέλεσμα να δημιουργούν μία μικρή ομάδα, η οποία με τον ΤΣ3 δημιουργεί την ομάδα Β. Στην ομάδα Α η μεγαλύτερη ευκλείδεια απόσταση είναι μεταξύ των σταθμών ΒΟ2-ΠΟ2 (0,310), ενώ η μικρότερη απόσταση είναι στους σταθμούς ΒΟ3-ΠΟ1 (0,029).

Το **δενδρόγραμμα των φωσφορικών** ιόντων οδήγησε στο σχηματισμό των εξής δύο ομάδων:

ΟΜΑΔΑ Α: ΠΟ1,ΠΟ2,ΠΟ3,ΒΟ2,ΒΟ3

ΟΜΑΔΑ Β: ΤΣ1,ΤΣ2,ΤΣ3

Στην ομάδα Β ο ΤΣ1 με τον ΤΣ2 παρουσιάζουν μεγαλύτερη ομοιότητα (ευκλείδεια απόσταση= 0,429) μεταξύ τους δημιουργώντας μία μικρή ομάδα, η οποία ενώνεται με τον ΤΣ3 δημιουργώντας την ομάδα Β. Μάλιστα ο σταθμός ΠΟ3 να μεν εντάσσεται στην ομάδα Α, παρόλα αυτά όμως, σύμφωνα με το δενδρόγραμμα των φωσφορικών τοποθετείται κοντά στην ομάδα Β δείχνοντας έτσι ότι πλησιάζει ως προς τη συμπεριφορά του, τον ποταμοχείμαρρο Τσικνιά. Στην ομάδα Α τη μικρότερη απόσταση είχαν οι σταθμοί ΒΟ2-ΒΟ3 (0,036), ενώ τη μεγαλύτερη οι σταθμοί ΒΟ2-ΠΟ3 (0,404).

Το **δενδρόγραμμα των νιτρικών – φωσφορικών** ιόντων οδήγησε στην δημιουργία των ίδιων ομάδων με αυτές των φωσφορικών. Η διαφορά τους όμως επικεντρώνεται στις μεταξύ τους αποστάσεις. Οι σταθμοί ΠΟ1, ΒΟ3, ΒΟ2 & ΠΟ2, παρουσιάζουν μεγαλύτερη ομοιότητα μεταξύ τους (με μικρότερη απόσταση αυτή των ΠΟ1-ΒΟ3 ίση με 0,130, και μεγαλύτερη αυτή των ΠΟ1-ΠΟ2 ίση με 0,381), οπότε και σχηματίζουν μία μικρή ομάδα, η οποία ενώνεται με το



σταθμό ΠΟ3, δημιουργώντας έτσι την Α ομάδα. Μάλιστα ο σταθμός ΠΟ3 εμφανίζει μεγαλύτερη ομοιότητα με το σταθμό ΠΟ2 (ευκλείδεια απόσταση ίση με 0,881) και μεγαλύτερη απόσταση με το σταθμό ΠΟ3 (1,110). Είναι λογικό η ΠΟ3 να παρουσιάζει μεγαλύτερη απόσταση, γιατί πρόκειται για το δενδρόγραμμα ομαδοποίησης με κριτήριο το συνδυασμό νιτρικών και φωσφορικών, όπου τα φωσφορικά παρουσιάζουν μία σχετική σταθερότητα των τιμών τους, ενώ τα νιτρικά ιόντα είναι αυτά που παρουσιάζουν διακυμάνσεις, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η εικόνα του δενδρογράμματος. Στη Β ομάδα μεγαλύτερη ομοιότητα παρουσιάζουν οι σταθμοί ΤΣ1-ΤΣ2 (0,676), οι οποίοι ενώνονται με τον ΤΣ3 και σχηματίζουν τη Β ομάδα. Και σε αυτό το δενδρόγραμμα αν και η ΠΟ3 ανήκει στην ομάδα των ποταμοχειμάρρων Ποταμιά και Βούβαρη, φαίνεται πως τοποθετείται κοντά στους σταθμούς του Τσικνιά, άρα και παρουσιάζει αρκετή ομοιότητα με αυτούς.

Τέλος το **δενδρόγραμμα νιτρικών, φωσφορικών και χλωροφύλλης**, δίνει την ίδια ομαδοποίηση όπως στην περίπτωση των νιτρικών. Μόνο που εδώ παρατηρούνται τα εξής: ο ΤΣ1 και ο ΤΣ2 είναι μαζί σε μια πρώτη μικρή ομάδα, οι εκβολές ΠΟ3 και ΤΣ3 είναι μαζί επίσης σε μία μικρή ομάδα. Οι δύο αυτές μικρές ομάδες παρουσιάζουν μεγαλύτερη ομοιότητα μεταξύ τους, σε σχέση με τους άλλους σταθμούς (ΒΟ2, ΒΟ3, ΠΟ1 & ΠΟ2), οπότε και δημιουργούν τη δεύτερη κύρια ομάδα. Ο συνδυασμός των τριών αυτών παραμέτρων γίνεται για να δούμε αν στη διαχείριση, όταν έχουμε μικρό αριθμό δεδομένων, υπάρχει επιτυχία με τη μέθοδο αυτή. Πραγματικά με το συνδυασμό αυτό φαίνεται πως τα πράγματα ξεκαθαρίζουν, αφού η ΠΟ3 τοποθετείται στην ομάδα του Τσικνιά, άρα και παρουσιάζει μεγάλη ομοιότητα με αυτόν. Είναι φανερό ότι η προσέγγιση αυτή είναι επιτυχής καθώς τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνονται από τις αντίστοιχες τιμές κι από τα αντίστοιχα γραφήματα των συγκεκριμένων παραμέτρων. Μάλιστα σημαντικό είναι να αναφερθεί εδώ ότι το σταθμό ΠΟ3 τον παρουσιάζει στο δενδρόγραμμα να είναι πολύ απομακρυσμένος από την πρώτη ομάδα, γεγονός που πρέπει να οφείλεται στην υψηλότερη τιμή χλωροφύλλης, που παρουσιάζει η ΠΟ3, στην τέταρτη δειγματοληψία και πλησιάζει τα 23 mg/m<sup>3</sup>. Στην ουσία τη μορφή των δενδρογραμμάτων καθορίζουν εδώ οι τιμές τόσο των νιτρικών όσο και της χλωροφύλλης, σε αντίθεση με τα φωσφορικά, των οποίων οι τιμές των συγκεντρώσεων δεν παρουσιάζουν εποχικότητα. Τα νιτρικά και η χλωροφύλλη παρουσιάζουν διακυμάνσεις στις τιμές τους, δηλαδή οι τιμές των συγκεντρώσεων των νιτρικών μειώνονται, ενώ της χλωροφύλλης αυξάνονται. Εδώ στην ομάδα Α η μικρότερη απόσταση παρουσιάζεται μεταξύ των ΒΟ2-ΒΟ3 (0,138), ενώ η μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ των ΒΟ2-ΠΟ2 (0,577). Στην ομάδα Β έχουμε μεγάλη ομοιότητα μεταξύ των σταθμών ΤΣ1-ΤΣ2 (0,924) και των σταθμών ΤΣ3-ΠΟ3 (1,343), με αποτέλεσμα να δημιουργούν δύο μικρές ομάδες, οι οποίες στη συνέχεια ενώνονται και σχηματίζουν τη Β ομάδα.

Μεγαλύτερη ομοιότητα παρουσιάζουν οι σταθμοί με τη μικρότερη ευκλείδεια απόσταση, ενώ οι σταθμοί που δεν έχουν όμοια συμπεριφορά είναι αυτοί που έχουν μεταξύ τους μεγάλη ευκλείδεια απόσταση (πίνακας).

**Πίνακας 12:** Ελάχιστες και μέγιστες ευκλείδειες αποστάσεις των σταθμών δειγματοληψίας για τα τέσσερα κριτήρια ομαδοποίησης

Κριτήριο ομαδοποίησης : τα νιτρικά ιόντα		
	Τιμή	Σταθμοί
Μικρότερη ευκλείδεια απόσταση	0,029	ΒΟ3-ΠΟ1
Μεγαλύτερη ευκλείδεια απόσταση	2,000	ΒΟ2-ΤΣ3
Κριτήριο ομαδοποίησης : τα Φωσφορικά ιόντα		
Μικρότερη ευκλείδεια απόσταση	0,036	ΒΟ2-ΒΟ3
Μεγαλύτερη ευκλείδεια απόσταση	2,498	ΒΟ2-ΤΣ2
Κριτήριο ομαδοποίησης : τα νιτρικά & τα Φωσφορικά ιόντα		
Μικρότερη ευκλείδεια απόσταση	0,130	ΠΟ1- ΒΟ3
Μεγαλύτερη ευκλείδεια απόσταση	2,685	ΤΣ2-ΒΟ2
Κριτήριο ομαδοποίησης : τα νιτρικά, τα Φωσφορικά ιόντα & τη χλωροφύλλη		
Μικρότερη ευκλείδεια απόσταση	0,138	ΒΟ2-ΒΟ3
Μεγαλύτερη ευκλείδεια απόσταση	2,777	ΒΟ2-ΤΣ2

## 6.2. Σύγκριση με ποταμούς της Ελλάδας και ποταμούς Γέρας του Νομού Λέσβου.

Μετά από μελέτη (Σκουληκίδη 1990), σχετικά με τα ποτάμια της Ελλάδας δημιουργήθηκε πίνακας (Παράρτημα), στον οποίο παρουσιάζεται η μέση ετήσια σύσταση των μεγαλύτερων ελληνικών ποταμών. Σύμφωνα με αυτόν και με τα δικά μας αποτελέσματα μπορεί να γίνει μια μικρή σύγκριση ώστε να φανούν πιθανόν ομοιότητες των ποταμών της Λέσβου, οι οποίοι είναι μη συνεχούς ροής με τα μεγάλα ποτάμια της Ελλάδας, που συνήθως είναι συνεχούς ροής. Η σύγκριση γίνεται ως προς τη θερμοκρασία, το pH κι ως προς τις συγκεντρώσεις των νιτρικών και φωσφορικών ιόντων. Πρέπει όμως να διευκρινιστεί πως τα δεδομένα αυτά προέρχονται ύστερα από μελέτη διάρκειας ενός χρόνου, ενώ τα δεδομένα, που παρουσιάζονται σε αυτή την εργασία αναφέρονται σε χρονική περίοδο τεσσάρων μηνών. Παράλληλα στους πίνακες, που ακολουθούν φαίνονται και οι μέσες τιμές από αντίστοιχη μελέτη (Αραμπατζή 2005), που πραγματοποιήθηκε σε δύο ποταμούς (Ευεργέτουλα και Μονέρι), που εκβάλλουν στον Κόλπο της Γέρας. Έτσι επιχειρείται να γίνει σύγκριση και μεταξύ των ποταμοχειμάρρων Καλλονής κι αυτών της Γέρας. Σύμφωνα λοιπόν με τη μελέτη των ποταμών της Ελλάδας και τη μελέτη των ποταμών της Γέρας Νομού Λέσβου, οι μέγιστες κι ελάχιστες μέσες τιμές των, θερμοκρασίας, pH, νιτρικών και φωσφορικών ιόντων παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες:

**Πίνακας 13:** Μέγιστη κι ελάχιστη μέση τιμή της θερμοκρασίας γενικά για τα ποτάμια της Ελλάδας και ειδικά για τα ποτάμια του Νομού Λέσβου στις περιοχές της Καλλονής και της Γέρας.

Περιοχή	Μικρότερη μέση τιμή	Παράμετρος	Μεγαλύτερη μέση τιμή
ΕΛΛΑΔΑ	8,8 °C (Πηγές Σπερχειού) <	Θερμοκρασία <	19 °C (Γαλλικός)
ΚΑΛΛΟΝΗ	11,2 °C (Πηγή Ποταμιάς) <	Θερμοκρασία <	17,8 °C (Μέση Βούβαρη)
ΓΕΡΑ	12,9 °C (Πηγή Ευεργέτουλα) <	Θερμοκρασία <	18,1 °C (Εκβολή Μονέρι)

Φαίνεται πολύ καθαρά πως η μέση τιμή των θερμοκρασιών κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα. Μάλιστα χαρακτηριστικά οι διακυμάνσεις των τιμών είναι περισσότερο όμοιες μεταξύ τους στις περιοχές Καλλονής και Γέρας, γεγονός πολύ λογικό, αφού βρίσκονται και οι δύο στο νησί της Μυτιλήνης, όπου το κλίμα είναι το ίδιο.

**Πίνακας 14:** Μέγιστη κι ελάχιστη μέση τιμή του pH γενικά για τα ποτάμια της Ελλάδας και ειδικά για τα ποτάμια του Νομού Λέσβου στις περιοχές της Καλλονής και της Γέρας.

Περιοχή	Μικρότερη μέση τιμή	Παράμετρος	Μεγαλύτερη μέση τιμή
ΕΛΛΑΔΑ	7 (πηγές Σπερχειού) <	pH <	8,49 (Αλιάκμονας)
ΚΑΛΛΟΝΗ	7,2 (Πηγή Ποταμιάς) <	pH <	8,4 (Εκβολή Βούβαρη)
ΓΕΡΑ	7,97 (Μέση Μονέρι) <	pH <	9,34 (Εκβολή Μονέρι)

Συγκρίνοντας τα ποτάμια της Καλλονής με εκείνα της Ελλάδας φαίνεται πως οι τιμές του pH των ποταμών της Καλλονής κυμαίνονται μέσα σε παρόμοια επίπεδα με τις τιμές του pH των ποταμών της Ελλάδας. Από την άλλη συγκρίνοντας τα ποτάμια της Καλλονής και Γέρας φαίνεται πολύ καθαρά πως οι τιμές του pH των ποταμών της Καλλονής παρουσιάζουν πιο χαμηλές τιμές από αυτές των ποταμών της Γέρας. Γενικά όμως πρέπει να πούμε πως ο ποταμός Μονέρι που εκβάλλει στον κόλπο Γέρας βρέθηκε να είναι αρκετά επιβαρυσμένος (Αραμπατζή 2005), αφού άλωστε ο Μονέρι διασχίζει αρκετά χωριά της Γέρας και δέχεται αστικά λύματα οικισμών, απόβλητα κτηνοτροφικών μονάδων κι απόβλητα από ελαιοτριβεία.

**Πίνακας 15:** Μέγιστη κι ελάχιστη μέση τιμή των νιτρικών ιόντων γενικά για τα ποτάμια της Ελλάδας και ειδικά για τα ποτάμια του Νομού Λέσβου στις περιοχές της Καλλονής και της Γέρας.

Περιοχή	Μικρότερη μέση τιμή	Παράμετρος	Μεγαλύτερη μέση τιμή
ΕΛΛΑΔΑ	1 mg/L (Πηγές Σπερχειού)	$\text{N-NO}_3^-$	< 10,93 mg/L (Έβρος)
ΚΑΛΛΟΝΗ	0,018 mg/L (Μέση Βούβαρη)	$\text{N-NO}_3^-$	< 0,815 mg/L (Εκβολή Τσικνιά)
	<b>ή σε <math>\mu\text{M}</math>:</b>	1,45 $\mu\text{M}$ (BO2)	< 57,64 $\mu\text{M}$ (ΤΣ3)
ΓΕΡΑ	28,43 $\mu\text{M}$ (Πηγή Ευεργέτουλα)	$\text{N-NO}_3^-$	< 265 $\mu\text{M}$ (Μέσο Μονέρι)

Όπως φαίνεται και στον πίνακα οι μέσες τιμές των νιτρικών ιόντων των ποταμών της Καλλονής είναι πολύ μικρότερες σε σχέση με τις τιμές των ελληνικών ποταμών. Παρόλα αυτά όμως επειδή τα ποτάμια της Καλλονής είναι κατά πολύ μικρότερα σε μήκος και παροχή οι τιμές που πλησιάζουν τα 0,8 mg/L θεωρούνται αρκετά υψηλές.

Από την άλλη η σύγκριση των τιμών των ποταμών Καλλονής και Γέρας δείχνει ξεκάθαρα ότι τα ποτάμια της Καλλονής είναι κατά πολύ λιγότερο επιβαρυνμένα από τα ποτάμια της Γέρας.

**Πίνακας 16:** Μέγιστη κι ελάχιστη μέση τιμή των φωσφορικών ιόντων γενικά για τα ποτάμια της Ελλάδας και ειδικά για τα ποτάμια του Νομού Λέσβου στις περιοχές της Καλλονής και της Γέρας.

Περιοχή	Μικρότερη μέση τιμή	Παράμετρος	Μεγαλύτερη μέση τιμή
ΕΛΛΑΔΑ	0,04 (Αχελώος)	$\text{P-PO}_4^{3-}$	< 1,57 mg/L (Αξιός)
ΚΑΛΛΟΝΗ	0,009(Μέση Βούβαρη)	$\text{P-PO}_4^{3-}$	< 0,341 mg/L (Μέση Τσικνιά)
	<b>ή σε <math>\mu\text{M}</math>:</b>	0,28 $\mu\text{M}$ (BO2)	< 9,99 $\mu\text{M}$ (ΤΣ2)
ΓΕΡΑ	0,14 $\mu\text{M}$ (Πηγή Μονέρι)	$\text{P-PO}_4^{3-}$	< 3,42 $\mu\text{M}$ (Μέση Μονέρι)

Οι τιμές των φωσφορικών παρουσιάζονται υψηλές και ειδικά του Τσικνιά βρίσκονται μέσα στα όρια που βρίσκονται και οι τιμές των μεγάλων ελληνικών ποταμών. Μετά από σύγκριση των ποταμών Καλλονής και Γέρας εδώ φαίνεται διαφορετική εικόνα από αυτή των νιτρικών, αφού οι τιμές των φωσφορικών στα ποτάμια της Καλλονής είναι μεγαλύτερες από τις τιμές των ποταμών της Γέρας. Ίσως επειδή η κύρια αιτία ρύπανσης κυρίως του

Τσικνιά είναι η κτηνοτροφία, ο οποίος μάλιστα παρουσιάζει και τις υψηλότερες τιμές των φωσφορικών.

Τελειώνοντας γίνεται μια σύγκριση των ποταμών Καλλονής και Γέρας όσον αναφορά τη συμπεριφορά τους μέσα στο χρόνο. Αρχικά χαρακτηρίζονται καλά οξυγονωμένοι. Η αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας και η μείωση των βροχοπτώσεων οδηγεί τη μείωση των τιμών των θρεπτικών και την αύξηση των τιμών της χλωροφύλλης. Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις των φωσφορικών παρατηρούνται τιμές μεγαλύτερες στους σταθμούς που αντιστοιχούν στη μέση, δηλαδή το σημείο, που θεωρούμε ότι δέχεται μεγαλύτερη ανθρώπινη πίεση. Οι τιμές των πυριτικών επίσης εμφανίζονται λίγο πιο υψηλές στους σταθμούς δειγματοληψίας, που αντιστοιχούν στη μέση.

## 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας για τους τρεις ποταμοχειμάρρους στη χρονική διάρκεια των τεσσάρων μηνών καταλήγουμε στα εξής:

- Η μεταβολή της θερμοκρασίας είναι αναμενόμενη, καθώς αυξάνεται στη διάρκεια των τεσσάρων δειγματοληψιών σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- Όσον αφορά στις τιμές του pH τα νερά και των τριών ποταμοχειμάρρων χαρακτηρίζονται ως ελαφρώς αλκαλικά. Πάντως το pH και η αλκαλικότητα παρουσίασαν όμοια συμπεριφορά, καθώς και των δύο οι τιμές σε σχέση με το χρόνο υπήρξαν σχετικά σταθερές. Επίσης συγκρίνοντας τους τρεις ποταμοχειμάρρους μεταξύ τους, ο Βούβαρης είχε τις μεγαλύτερες τιμές pH και αλκαλικότητας, ενώ κατά μήκος των ποταμοχειμάρρων, οι σχετικά υψηλότερες τιμές παρατηρούνται συνήθως στις εκβολές.
- Η χλωροφύλλη παρουσίασε εποχικότητα, γιατί ενώ οι τρεις πρώτες δειγματοληψίες έχουν σχεδόν σταθερές τιμές με μικρές διαφοροποιήσεις, στην τέταρτη δειγματοληψία οι τιμές εκτοξεύονται αρκετά ψηλά.
- Σε αντίθεση με τη χλωροφύλλη, οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου στην τέταρτη δειγματοληψία παρουσίασαν αισθητή μείωση σε σχέση πάντα με τις άλλες τρεις δειγματοληψίες. Παρόλα αυτά όμως το σύνολο των τιμών του διαλυμένου οξυγόνου οδήγησε στο να χαρακτηριστούν και οι τρεις ποταμοχειμάρροι καλά οξυγονωμένοι.
- Οι τιμές των νιτρωδών και των αμμωνιακών ιόντων κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα, δεδομένου ότι είναι αναμενόμενο οι μορφές αυτές του αζώτου να μην παρατηρούνται σε καλά οξυγονωμένα νερά. Σε γενικές όμως γραμμές παρατηρείται μείωση των τιμών από τη χειμερινή προς την εαρινή περίοδο.
- Τα νιτρικά, τα οποία αποτελούν την κυρίαρχη μορφή ανόργανου διαλυτού αζώτου, παρουσίασαν εποχικότητα, όπως και τα νιτρώδη και τα αμμωνιακά. Η διαφορά όμως από τις άλλες δύο παραμέτρους επικεντρώνεται στις μεγαλύτερες τιμές των νιτρικών.
- Τέλος τα φωσφορικά δεν παρουσίασαν εποχικότητα, γεγονός που αποτελεί προβληματισμό και αντικείμενο μελέτης για το μέλλον.
- Τα πυριτικά παρουσίασαν εποχικότητα, καθώς οι τιμές από μήνα σε μήνα ήταν λίγο χαμηλότερες

Με τη βοήθεια της ιεραρχικής ομαδοποίησης και των δενδρογραμμάτων έγινε ομαδοποίηση των σταθμών με διαφορετικούς συνδυασμούς μεταξύ νιτρικών, φωσφορικών και χλωροφύλλης (πίνακας 14).

- Και από τα αποτελέσματα της ιεραρχικής ομαδοποίησης επιβεβαιώνονται όλα τα παραπάνω. Δηλαδή οι σταθμοί του Τσικινιά παρουσιάζουν μεταξύ τους μεγαλύτερη ομοιότητα και για αυτό το λόγο εντάσσονται σε μία ομάδα. Ενώ οι τιμές των σταθμών του Βούβαρη και της Ποταμιάς ανήκουν σε μία άλλη ομάδα. Μικρή διαφοροποίηση στη δημιουργία των ομάδων παρατηρούνται όταν τα κριτήρια ομαδοποίησης είναι ως

προς τα νιτρικά και ως προς το συνδυασμό νιτρικών, φωσφορικών και χλωροφύλλης. Η ομαδοποίηση είναι σχεδόν ίδια με τη διαφορά ότι η ΠΟ3 παρουσιάζει μεγαλύτερη ομοιότητα, άρα και μικρότερη απόσταση από τους σταθμούς του Τσικνιά και για αυτό την κατατάσσει στην ομάδα του Τσικνιά.

Όλα τα παραπάνω συνοψίζονται στον πίνακα 13 για τις χρονικές περιόδους:  
Ψυχρή περίοδος: 1<sup>η</sup>, 2<sup>η</sup> & 3<sup>η</sup> δειγματοληψίες, λόγω παρόμοιων καιρικών συνθηκών.  
Θερμή περίοδος: 4<sup>η</sup> δειγματοληψία

**Πίνακας 13:** Εποχικότητα των παραμέτρων στη διάρκεια των τεσσάρων μηνών.

Παράμετροι	Παρατηρήσεις κατά τη μεταβολή: Ψυχρή περίοδος → θερμή περίοδος
T (°C)	↑
pH	Σταθερό
DO (mg/L)	↓
T_Alk (mg/L)	Σταθερό
Chl-a (mg/m <sup>3</sup> )	↑
N-N0 <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	↓
N-N0 <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	↓
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	↓
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	Σταθερό
Si (mg/L)	Σταθερό

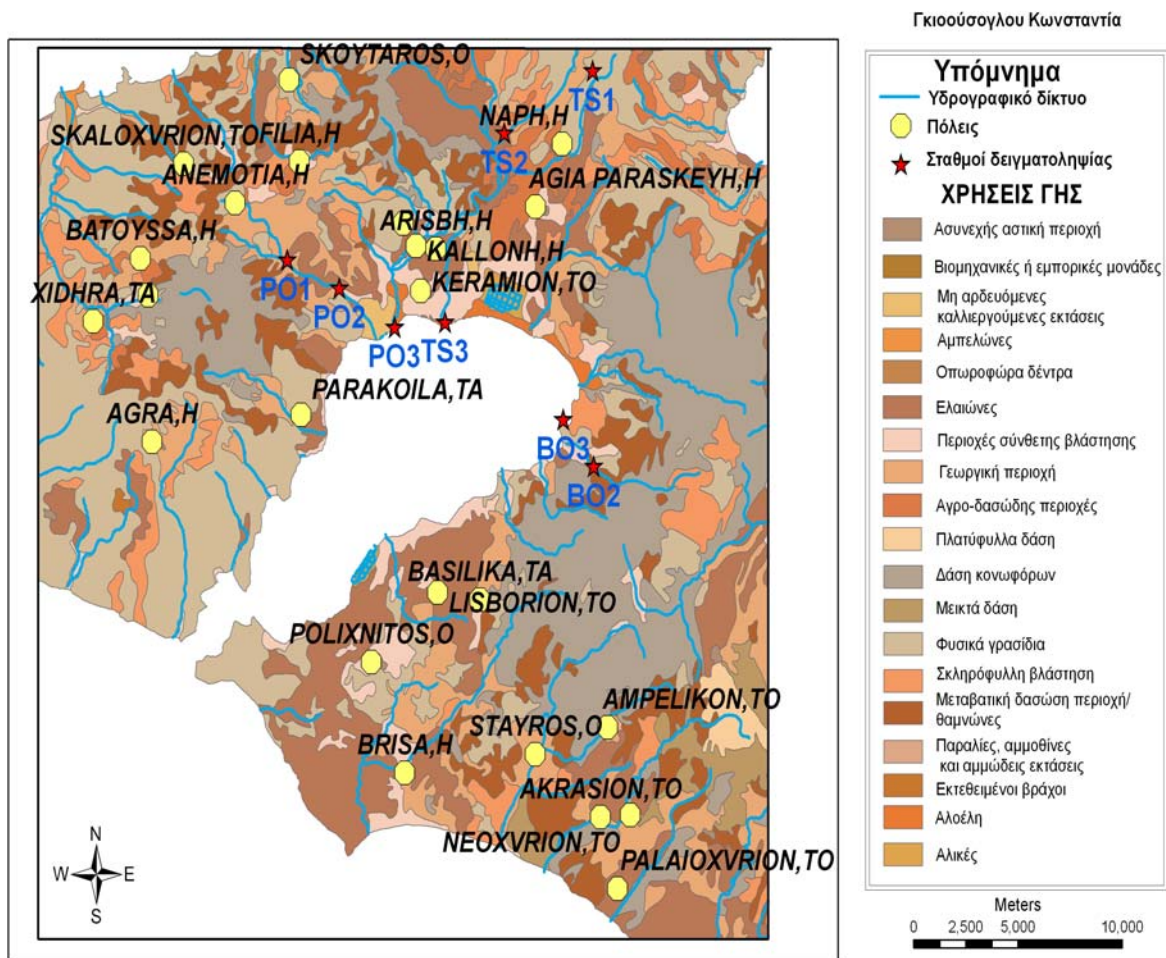
Και στον πίνακα 14 συνοψίζονται τα αποτελέσματα της ιεραρχικής ομαδοποίησης

**Πίνακας 14:** Ομαδοποιήσεις σταθμών ως προς τα αντίστοιχα κριτήρια

ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΟΜΑΔΕΣ
Ως προς N-N0 <sub>3</sub> <sup>-</sup> Ως προς N-N0 <sub>3</sub> <sup>-</sup> , P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> & chl <sub>a</sub>	1 <sup>η</sup> : ΠΟ1,ΠΟ2,ΒΟ2,ΒΟ3
	2 <sup>η</sup> : ΤΣ1,ΤΣ2,ΤΣ3,ΠΟ3
Ως προς P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> Ως προς N-N0 <sub>3</sub> <sup>-</sup> & P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1 <sup>η</sup> : ΒΟ2,ΒΟ3,ΠΟ1,ΠΟ2,ΠΟ3
	2 <sup>η</sup> : ΤΣ1,ΤΣ2,ΤΣ3

## 8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Χάρτης 1: Υδρογραφικό δίκτυο, σταθμοί δειγματοληψίας και χρήσεις





Πίνακας 15: Μέση ετήσια σύσταση των μεγαλύτερων ελληνικών ποταμών (Skoulikidis, 1990)

ΠΟΤΑΜΟΣ	Θ	pH	TH	Cond.	Ca	Mg	Na	K	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>	SiO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	TDI	TSS
	°C		mg/l	mS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	%	mg/l	mg/l
ΕΒΡΟΣ	16,9	8,39	3,61	0,54	2,84	0,77	1,53	0,16	2,93	1,54	0,62	10,93	1,23	11,5	109	394,4	32,4
Αρδας	17,9	8,43	2,33	0,33	1,93	0,40	0,48	0,08	1,86	0,48	0,37	4,48	1,27	11,2	116	213,0	9,5
ΝΕΣΤΟΣ	16,1	8,28	2,42	0,28	2,11	0,31	0,34	0,07	2,25	0,33	0,18	3,78	0,37	11,1	104	220,1	17,9
Αρκουδόρεμμα	13,4	8,14	1,16	0,14	1,06	0,10	0,19	0,05	1,09	0,15	0,13	1,28	0,14	11,9	113	108,5	4,6
ΣΤΡΥΜΟΝΑΣ	15,8	8,33	3,44	0,40	2,71	0,73	0,57	0,09	3,15	0,56	0,32	3,92	0,27	11,2	99	314,3	17,9
Αγγίτης	16,8	7,88	4,91	0,51	3,92	0,99	0,40	0,05	4,55	0,46	0,27	5,61	0,21	8,6	96	416,6	5,1
ΑΞΙΟΣ	13,6	8,28	3,49	0,44	2,89	0,80	0,81	0,10	3,18	0,67	0,43	4,88	1,57	10,1	99	333,9	15,6
ΓΑΛΛΙΚΟΣ	19,0	8,07	4,16	0,53	3,12	1,04	1,45	0,09	4,40	0,64	0,64	3,69	0,13	10,3	114	437,6	3,1
ΑΛΙΑΚΜΟΝΑΣ	14,1	8,49	3,95	0,41	2,69	1,27	0,24	0,05	3,71	0,32	0,17	3,05	0,15	10,3	105	327,6	16,4
ΠΗΝΕΙΟΣ	15,2	8,28	4,56	0,47	3,06	1,50	0,31	0,05	4,33	0,34	0,27	4,33	0,25	13,1	99,7	383,1	19,9
ΣΠΕΡΧΕΙΟΣ	15,0	8,31	4,95	0,62	3,89	1,10	0,57	0,07	4,18	0,73	1,12	4,13	0,20	10,0	101	441,2	13,2
Πηγές Σπερχειού	8,8	7,00	1,06	0,13	0,78	0,29	0,19	0,02	1,03	0,12	0,13	1,00	0,16	11,9	84	98,6	1,7
ΑΧΕΛΩΟΣ	15,8	8,25	2,83	0,33	2,47	0,36	0,53	0,04	2,68	0,23	0,46	2,64	0,04	4,1	119	261,0	3,5
ΛΟΥΡΟΣ	12,8	7,82	3,04	0,34	2,72	0,32	0,49	0,02	2,87	0,33	0,35	3,54	0,06	4,8	101	277,3	3,9

**Υπόμνημα:**

Θ: θερμοκρασία

TH: ολική σκληρότητα

Cond.: αγωγιμότητα

TDI: ολικά ιόντα

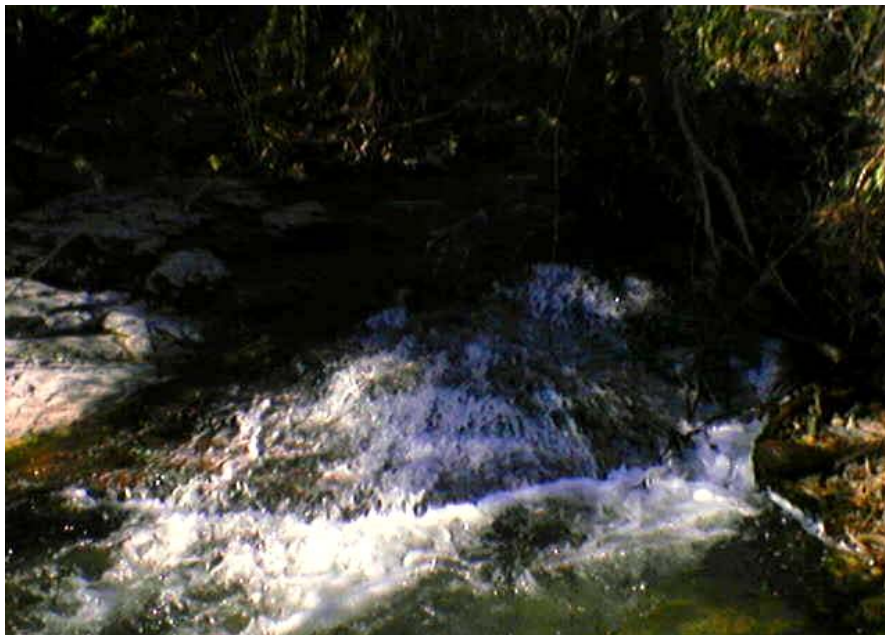
TSS: ολικά αιωρούμενα στερεά

**ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ**

1<sup>η</sup> Δειγματοληψία: 16-02-06 , Σταθμός δειγματοληψίας ΠΟ1



2<sup>η</sup> Δειγματοληψία: 21-03-06 , Σταθμός δειγματοληψίας, επίσης ΠΟ1



1<sup>η</sup> Δειγματοληψία: 16-02-06 , Σταθμός δειγματοληψίας ΠΟ3



1<sup>η</sup> Δειγματοληψία: 16-02-06 , Σταθμός δειγματοληψία ΤΣ3



4<sup>η</sup> Δειγματοληψία: 19-05-06 , Σταθμός δειγματοληψίας ΠΟ2



4<sup>η</sup> Δειγματοληψία: 19-05-06 , Σταθμός δειγματοληψίας ΠΟ2



4<sup>η</sup> Δειγματοληψία: 19-05-06 , Σταθμός δειγματοληψίας ΤΣ2



4<sup>η</sup> Δειγματοληψία: 19-05-06 , Σταθμός δειγματοληψίας ΤΣ2



4<sup>η</sup> Δειγματοληψία: 19-05-06 , Φαίνονται οι σταυλικές εγκαταστάσεις στο σταθμό δειγματοληψίας ΤΣ2



4<sup>η</sup> Δειγματοληψία: 19-05-06 , Σταθμός δειγματοληψίας ΒΟ3



4<sup>η</sup> Δειγματοληψία: 19-05-06 , Σταθμός δειγματοληψίας ΒΟ2



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ❖ **Αθανασιάδης Ι.Α.**, 1993. Εποχιακή διακύμανση φυσικοχημικών παραμέτρων στο Δέλτα του ποταμού Έβρου. Πτυχιακή Τμήματος Περιβάλλοντος, Πανεπιστημίου Αιγαίου.
- ❖ **Αγγελίδης Μ.**, 1993, Εργαστηριακές ασκήσεις περιβαλλοντικής χημείας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Σχολή Περιβάλλοντος, Τμήμα Περιβάλλοντος, Μυτιλήνη.
- ❖ **Angelidis M.O., Albanis T.A.**, 1996. Pesticide residues and heavy metals in the Evros river delta, N.E. Greece, *Toxicological Environmental Chemistry* **53**, 33–44.
- ❖ **Αραμπατζή Α.**, 2005, Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά ποτάμιων οικοσυστημάτων υπό την επίδραση της λεκάνης απορροής: η περίπτωση του κόλπου Γέρας, Πτυχιακή εργασία Τμήματος Επιστημών της Θάλασσας, Πανεπιστημίου Αιγαίου.
- ❖ **Arvanitidou M., Kanellou K., Vagiona D.G.**, 2005. Diversity of *Salmonella* spp. and fungi in northern Greek rivers and their correlation to fecal pollution indicators, *Environmental Research* **99**, 278-284.
- ❖ **Baudart J., Lemarchand K., Brisabois A. and Lebaron P.**, 2000, Diversity of *Salmonella* stains isolated from aquatic environment as determined by serotyping and amplification of the ribosomal DNA spacer regions, *Appl. Environ. Microbiol.* **66** (2000), pp. 1544–1552.
- ❖ **Carpenter S.R., Caraco N.F, Correll D.L., Howarth R.W., Sharpley A.N., Smith V.H.**, 1998, Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen, *Ecol. Appl.* **8**, pp. 559–568.
- ❖ **Christopher P. Konrad**, 2006, Location and timing of river -aquifer exchanges in six tributaries to the Columbia River in the Pacific Northwest of the United States, *Journal of hydrology* **329**.
- ❖ **Claska M.E. and Gilbert J.J.**, 1998, The effect of temperature on the response of *Daphnia* to toxic cyanobacteria, *Freshwater Biology* **39**, pp. 221–232.
- ❖ **Cresser M.S , Smart R.P., Billett M.F., Soulsby C., Neal C., Wade A.J., Langan S. Edwards A.C.**, 2000, Modelling water chemistry for a major Scottish river from catchment attributes. *J. Appl. Ecol.* **37**, p. 171–184
- ❖ **Γκιοούσογλου Κ.**, 2007, Χωρικές και χρονικές τάσεις οικολογικών παραμέτρων των τριών ποταμοχειμάρρων: Τσικνιά, Ποταμιάς και Βούβαρη, κόλπου Καλλονής Λέσβου. Πτυχιακή εργασία Τμήματος Επιστημών της Θάλασσας, Πανεπιστημίου Αιγαίου.
- ❖ **Daily G.C , J.S. Reichert, J.P. Meyers**, 1997, Nature’s Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Island Press, Washington, DC, USA.
- ❖ **Διαλεκτού Ν.**, 1982, Ο ΝΟΜΟΣ ΛΕΣΒΟΥ, 'Δ Έκδοση, Αθήνα, p.31.
- ❖ **Δημοπούλου Β.**, 2004, Αξιολόγηση της δυναμικής και των δυνατοτήτων ανάπτυξης της παράκτιας ζώνης του κόλπου Καλλονής Λέσβου με τη χρήση Ολοκληρωμένης Διαχείρισης, Μεταπτυχιακή διατριβή ειδίκευσης του τμήματος Επιστήμη της Θάλασσας.



- ❖ Ferrier R. C., Edwards A. C., Hirst D., Littlewood I. G., Watts C. D., Morris R., 2001, Water quality of Scottish rivers: spatial and temporal trends, *Science of The Total Environmental* **265**, p. 327-342.
- ❖ Golfopoulos S.K., Nikolaou A.D., Kostopoulou M.N., Xilourgidis N.K., Vagi M.C., Lekkas D.T., 2003, Organochlorine pesticides in the surface waters of Northern Greece, *Chemosphere* **50**, pp. 507-516.
- ❖ Hutjes R. W. A., Kabat P., Running S. W., Shuttleworth W. J., Field C., Bass B., M. F. da Silva Dias, Avissar R., Becker M., Claussen M., Dolman A. J., Feddes R. A., Fosberg M., Fukushima Y., Gash J. H. C., Guenni L., Hoff H., Jarvis P. G., Kayane I., Krenke A. N., Changming Liu, Meybeck M., Nobre C. A., Oyebande L., Pitman A., Pielke Sr. R. A., Raupach M., Saugier B., Schulze E. D., Sellers P. J., Tenhunen J. D., Valentini R., Victoria R. L., Vörösmarty Biospheric C. J., 2004, Aspects of the Hydrological Cycle, *Journal of Hydrology* **212-213**, Pages 1-21.
- ❖ Iliopoulou-Georgudaki J., Kantzaris V., Katharios P., Kaspiris P., Georgiadis Th., Montesantou B., 2003, An application of different bioindicators for assessing water quality: a case study in the rivers Alfeios and Pineios (Peloponnisos, Greece), *Ecological Indicators* **2**, p. 345-360.
- ❖ Interlandi S.J and Crockett C.S., 2003, Recent water quality trends in the Schuylkill River, Pennsylvania, USA: a preliminary assessment of the relative influences of climate, river discharge and suburban development, *Water Res* **37**, p. 1737-1748
- ❖ Jarvie H.P., Whitton B.A., Neal C., 1998, Nitrogen and phosphorus in east coast British rivers: Speciation, sources and biological significance, *Sci. Total Environ.* **210/211**, p. 79-109.
- ❖ Jarvie H.P., Neal C., Williams R.J., Neal M., Wickham H., Hill L.K., Wade A.J, Warwick A. and White J., 2002, Phosphorus sources, speciation and dynamics in a lowland eutrophic Chalk river; the River Kennet, UK. *Sci. Total Environ.* **282-283**, p. 159-175.
- ❖ Καλλέργης Γ., 1979, Υπόγειο υδάτινο δυναμικό. Ο ελληνικός ορυκτός πλούτος (εκδόσεις Α.Αθανασιάδης, Π. Κυριακόπουλος, Α. Αναστασάκης, Ε.Παπαχελάς & Κ. Παπαδημητρίου), Σύνδεσμος Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων, 456-471.
- ❖ Καραντανέλλη Μ., 2004, Σημειώσεις του μαθήματος της θαλάσσιας ρύπανσης, Τμήμα Επιστήμη της Θάλασσας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.
- ❖ Konstantinou Ioannis K., Hela Dimitra G., Albanis Triantafyllos A., 2005, The status of pesticide pollution in surface waters (rivers and lakes) of Greece. Part I. Review on occurrence and levels, *Environmental Pollution* **141**, pp 555-570.
- ❖ Κουϊμτζής Θ., Φυτιάνος Κ., Σαμαρά-Κωνσταντίνου Κ., Χημεία περιβάλλοντος, *University Studio Press*, Θεσσαλονίκη.
- ❖ Κούρου Φ., 2000, Μελέτη διακύμανσης φυσικοχημικών παραμέτρων στον ποταμό Έβροτην περίοδο Ιανουάριο - Δεκέμβριο 1999, Πτυχιακή Τμήματος Περιβάλλοντος.
- ❖ Lane Patrick N.J., Sheridan Gary J., Noske Philip J., 2006, Changes in sediment loads and discharge from small mountain catchments following wildfire in south eastern Australia, *Journal of Hydrology* **331**, p. 495-510.

- ❖ **Lekkas Th., Kolokythas G., Nikolaou A., Kostopoulou M., Kotrikla A. and Gatidou G. et al., 2004,** Evaluation of pollution of the surface waters of Greece from the priority compounds of the List II, 76/464/EES Directive, and other toxic compounds, *Environment*, p. 995–1007.
- ❖ **Limbrick K.J., Whitehead P.G., Butterfield D., Reynard N., 2000,** Assessing the potential impact of climate change scenarios on the hydrological regime of the River Kennet at Theale, Berkshire, south-central England, UK: an application and evaluation of the new semi-distributed model, INCA. *Science of the Total Environmental* **251/252** (2000), p. 539–556.
- ❖ **Markich S.J., Brown P.L., 1998,** Relative importance of natural and anthropogenic influences on the fresh surface water chemistry of the Hawkesbury–Nepean River, south-eastern Australia, *Science Total Environ* **217**, p. 201–230.
- ❖ **Μανδυλάς, Χ., Ν. Καρδακάρη, 1998,** Προστασία και ανάδειξη υγροτόπου κόλπου Καλλονής, *Ειδική Περιβαλλοντική Μελέτη* (Πρώτη Φάση). Μυτιλήνη.
- ❖ **Μανδυλάς, Χ., Ν. Καρδακάρη, 2000.** Προστασία και ανάδειξη υγροτόπου κόλπου Καλλονής, *Ειδική Περιβαλλοντική Μελέτη* (Δεύτερη Φάση). Μυτιλήνη.
- ❖ **Ning Shu-Kuang, Chang Ni-Bin, Jeng Kai-Yu and Tseng Yi-Hsing, 2005,** Soil erosion and non-point source pollution impacts assessment with the aid of multi-temporal remote sensing images, *Journal of Environmental Management* **79**, p. 88-101.
- ❖ **Old Gareth H., Leeks Graham J.L., Packman John C., Smith Barnaby P.G., Lewis Scott Hewitt Edward J., 2005,** River flow and associated transport of sediments and solutes through a highly urbanized catchments, Bradford, West Yorkshire, *Science of The Total Environmental* **360**, p. 98-108.
- ❖ **Panayotidis P., Feretopoulou J., Montesanto B., 1999,** Benthic vegetation as an ecological quality descriptor in an eastern Mediterranean coastal area (Kalloni Bay, Aegean Sea, Greece): Estuarine, *Coastal and Shelf Science* **48**, p. 205-214.
- ❖ **Postel S., Carpenter S.R., 1997,** Freshwater ecosystem services. In: Daily, G.C. (Ed.), *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, DC, USA, p. 194–214.
- ❖ **Readman J.W., Albanis T.A., Barcelo D., Galassi S., Tronczynski J., Gabrielides G.P., 1997,** Fungicide Contamination of Mediterranean estuarine waters: Results from a MED POL pilot survey, *Marine Pollution Bulletin* **34**, pp. 259–263.
- ❖ **Richards R.P., Baker D.B., 1993,** Pesticide concentration patterns in agricultural drainage networks in the Lake Erie basin, *Environmental Toxicology and Chemistry* **12**, p. 13–26.
- ❖ **Rivers-Moore N.A, Jewitt G.P.W., 2006,** Adaptive management and water temperature variability within a South African river system: What are the management options?, *Journal of Environmental Management* **82**, p. 39-50.
- ❖ **Ross E. Freeman, Robert O. Ray, 2001,** Landscape ecology practice by small scale river conservation groups, *Landscape and Urban Planning* **56**, p. 171-184.
- ❖ **Skoulikidis N.Th., 1990,** Biogeochemistry of major Greek rivers, *PhD Thesis, University of Hamburg*, p. 313

- ❖ **Skoulikidis N.Th.**, 1993, Significance evaluation of factors controlling river water composition, *Environ Geol* **22**, pp. 178–185.
- ❖ **Skoulikidis N.Th., Kondylakis J.C.**, 1997, Seasonal variations of biogeochemical processes controlling Greek rivers' composition, *Journal Geochemical* **31** (6), pp. 357–371.
- ❖ **Σκουλικίδης Ν.Θ.**, 1997, Η περιβαλλοντική κατάσταση των ελληνικών ποταμών, *Βιώσιμη ανάπτυξη με την περιβαλλοντική αγωγή*, Νομ. Αυτοδ. Αιτολοακαρνανίας-ΥΠΕΧΩΔΕ, Μεσολόγγι 1997.
- ❖ **Skoulikidis N.Th., Gritzalis K., Kouvarda Th., Buffagni A.**, 2004, The development of an ecological quality assessment and classification system for Greek running waters based on benthic macroinvertebrates, *Hydrobiologia* **516**, pp. 149–160.
- ❖ **Skoulikidis N.Th., Amaxidis Y., Bertahas I., Laschou S., and Gritzalis K.**, 2005, Analysis of factors driving stream water composition and synthesis of management tools—A case study on small/medium Greek catchments, *Science of The Total Environment* **362**, p. 205-241.
- ❖ **Σούλιος Χ. Γεώργιος**, 1986, Γενική Υδρογεωλογία, *University Studio Press*, Θεσσαλονίκη, Πρώτος τόμος, p.23
- ❖ **Soulsby C., Gibbins C., Wade A. J., Smart R., Helliwell R.**, 2002, Water quality in the Scottish uplands: a hydrological perspective on catchment hydrochemistry *Science of The Total Environmental* **294**, p. 73-94.
- ❖ **Sullivan K., Martin D.J., Cardwell R.D., Toll J.E., Duke S.**, 2000. An Analysis of the Effects of Temperature on Salmonids of the Pacific Northwest with Implications for Selecting Temperature Criteria. Sustainable Ecosystems Institute, Portland, Oregon, (<http://www.sei.org/downloads/reports/salmon2000.pdf>).
- ❖ **Τσοκαταρίδου Α.**, 1993, Εκτίμηση ποσοτήτων γεωργικών φαρμάκων που εφαρμόζονται στην υδρολογική λεκάνη του ποταμού Αγγίτη του Ν. Δράμας, Πτυχιακή Τμήματος Περιβάλλοντος.
- ❖ **USEPA**, Quality Criteria for Water, July 1979.
- ❖ **Vega M., Pardo R., Barrado E., Deban L.**, 1998. Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis, *Water Res.* **32**, p. 3581.
- ❖ **Wade A. J., Neal C., Smart R. P., Edwards A. C.**, 2002, Calcite saturation in the River Dee, NE Scotland, *The science of the total environmental* **282/283**, p. 327-340.
- ❖ **Wade A. J., Whitehead P. G., Jarvie H. P., Neal C., Prior H., Johnes P. J.**, 2003, Nutrient monitoring, simulation and management within a major lowland UK river system: the Kennet, *Mathematics and computers in simulation* **64**, p. 307-317.
- ❖ **Wass and G.J.L. Leeks**, 1999, Suspended sediment fluxes in the Humber catchment, UK, *Hydrol Process* **13**, p. 935–953.
- ❖ **Whitehead P. G., Johnes P. J., Butterfield D.**, 2002, Steady state and dynamic modelling of nitrogen in the River Kennet: impacts of land use change since the 1930s, *Science of The Total Environmental* **282/283**, p. 417-434.