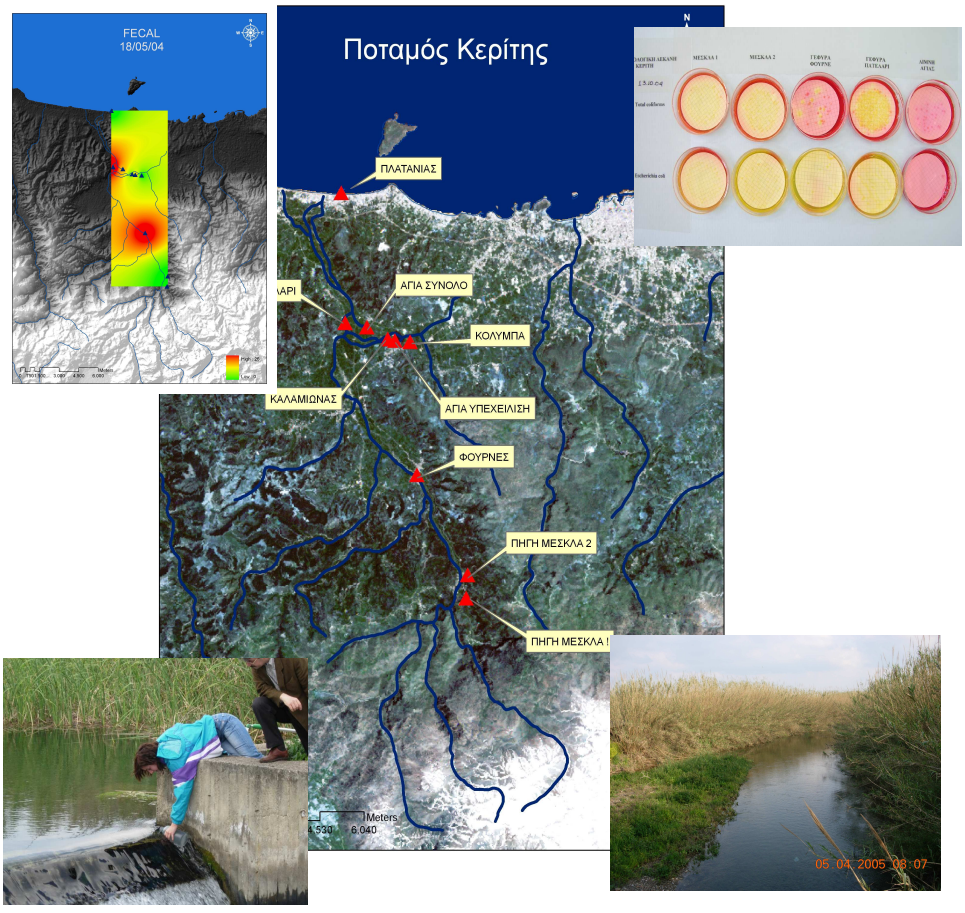
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ &ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Διερεύνηση και ψηφιακή απεικόνιση σε GIS των μεταβολών των ποιοτικών παραμέτρων των επιφανειακών υδάτων του ποταμού Κερίτη και των πηγών καρστικών Αγυιάς.



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΑΚΟΥΛΑΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

ΧΑΝΙΑ 2007

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ &ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Διερεύνηση και ψηφιακή απεικόνιση σε GIS των μεταβολών των ποιοτικών παραμέτρων των επιφανειακών υδάτων του ποταμού Κερίτη και των πηγών καρστικών Αγυιάς.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΑΚΟΥΛΑΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

Επιβλέπων : ***Δρ Γ. Σταυρουλάκης***
Καθηγητής
Δρ Α. Σαρρής
Επιστημονικός Συνεργάτης

Επιτροπή Αξιολόγησης: ***Δρ Σταυρουλάκης Γ.***
Δρ. Κώττη Μελίνα-Σπυριδούλα
Παπαφιλιππάκη Α. (MSc)

Ημερομηνία παρουσίασης

Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας **17**

Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία δε θα μπορούσε να υλοποιηθεί χωρίς την πολύτιμη βοήθεια κάποιων άνθρωπων.

Ευχαριστώ τον Δρ Σταυρουλάκιη Γ., και τους συνεργάτες του Εργαστηρίου Ελέγχου Ποιότητας Υδατικών & Εδαφικών Πόρων, του Παραρτήματος Χανίων, ΤΕΙ Κρήτης για τις συμβουλές, τη βοήθεια και την εκπαίδευση μου στις χημικές αναλύσεις .

Ευχαριστώ τον Δρ Σαρρή Α. για την αμέριστη προσφορά του τόσο σε θέματα γνώσεων, όσο και σε ηθική υποστήριξη και υπομονή όλα αυτά τα χρόνια. Χωρίς αυτόν δεν θα είχα φτάσει μέχρι εδώ.

Τον κ. Βοζινάκη Κ. από την Υπηρεσία Εγγείων Βελτιώσεων για τη βοήθεια του .

Τη Λία και την οικογένεια της που με δέχτηκαν σαν δικό τους παιδί και μου απέδειξαν ότι ακόμα υπάχουν άνθρωποι .

Την Κοκκινάκη Λ. που μου πρόσφερε απλόχερα την ηθική της υποστήριξη και τις γνώσεις της στα μονοπάτια της χαρτογραφίας.

Την Καρπουτζάκη Μ. για τις στιγμές που περάσαμε 3,5 χρόνια μαζί καθώς και για την προσφορά της στην υλοποίηση των χημικών αναλύσεων της διπλωματικής εργασίας μου.

Την Περάκη Ε. για την εμψύχωση , τις συμβούλες της αλλά και την αστείρευτη διάθεση της .

Περίληψη

Ο έλεγχος της ποιότητας των επιφανειακών νερών στη υδρολογική Λεκάνη του ποταμού Κερίτη στον νομό Χανίων με ανάλυση και συσχέτιση φυσικοχημικών και χημικών παραμέτρων αποτελεί το αντικείμενο της έρευνας που υλοποιείται στα πλαίσια του προγράμματος ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙ. Σε δείγματα νερού που συλλέχθηκαν την περίοδο 2004-2005 από 9 διαφορετικά σημεία κατά μήκος της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού μετρήθηκαν οι παράμετροι: pH, EC, BOD, COD, TOC NO3-N, NH4-N, PO3-P, Cl- καθώς και το μικροβιολογικό φορτίο.

Τα αποτελέσματα απεικονίστηκαν στο τρισδιάστατο ανάγλυφο εδάφους (DEM), έπειτα από ψηφιοποίηση τοπογραφικών διαγραμμάτων 1:5000 της ΓΥΣ. Δημιουργήθηκαν θεματικοί επιφανειακοί χάρτες, οι οποίοι απεικονίζουν τη χρονική μεταβολή των παραμέτρων ενώ πραγματοποιήθηκε και χαρτογράφηση των μετρήσεων με αλγόριθμους παρεμβολής.

Η χρονική ακολουθία των θεματικών χαρτών που παρήχθησαν σε περιβάλλον των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μία χωρική παρακολούθηση των παραμέτρων που επηρεάζουν την ποιότητα του νερού στην υδρολογική λεκάνη του Κερίτη. Η παραπάνω επεξεργασία των δεδομένων προσφέρει ένα πολύτιμο εργαλείο για την έγκαιρη και έγκυρη παρακολούθηση των παραμέτρων ποιότητας των υδατικών πόρων, την διαχείριση περιπτώσεων ρύπανσης αλλά και την λήψη αποφάσεων σε περιπτώσεις κινδύνου των υδατικών πόρων της υδρολογικής λεκάνης.

Abstact

The control of the quality of shallow water at the hydrological basin of the river Keriti at Chania through chemical analyses and correlation of the physical and chemical parameters constitutes the subject of the research which is carried out under the framework of the research program of ARCHEMIDIS II. Samples of water were collected during the period 2004-2005 from 9 separate locations along the hydrological basin of the river. The parameters that were analyzed included concentrations of pH, EC, BOD, COD, TOC NO_3-N, NH_4-N, PO_3-P, Cl^-, as well as the micro bacterial parameters.

The results were depicted on the digital elevation model and its subsequent products. Topographical maps (1:5000) of the Geographical Service of the Hellenic Army were digitized and thematic surface maps were created within the environment of Geographical Information Systems indicating the time-change of the parameters.

The processing of the data through chemical analyses and mapping techniques offers a valuable tool for the valid monitoring and management of the quality parameters of water resources and for the risk assessment in cases of a pollution incidence.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ Α'

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : Νερό
1.1 Το νερό ως διαθέσιμος φυσικός πόρος 9
1.2 Φυσικές και Χημικές Ιδιότητες του Νερού 10

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:
2.1 Παγκόσμια κατανομή νερού..... 13
2.2 Κατανομή νερού..... 15
2.3 Η κατάσταση του νερού στην Ευρώπη 16
2.4 Η Ποιότητα των Νερών στην Ελλάδα..... 19

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ
3.1 Ορισμός Υγροτόπων..... 20
3,2 Σύμβαση Ραμσαρ και Ελλάδα..... 21
3.3 Τύποι Υγρότοπων 25
3.3.1. Δέλτα..... 25
3.3.2 Έλη 25
3.3.3 Λίμνες..... 26
3.3.4 Λιμνοθάλασσες 26
3.3.5 Πηγές 27
3.3.6 Εκβολές Ποταμών..... 27
3.3.7 Ποταμοί..... 28
3.3.8 Τεχνητές Λίμνες..... 28
3.4 Υγρότοποι της Κρήτης..... 32
3.5 Αξία υγροτόπων .....
3.6 Οι νόμοι για την προστασία των Υγρότοπων .....

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Επιφανειακά & Υπόγεια Νερά
4.1 Η σημασία των ποταμών..... 39
4.2 Λεκάνες απορροής & ποτάμια..... 39
4.3 Υπόγεια νερά 39
4.3.1 Αποθήκευση υπόγειου νερού..... 41
4.3.2 Εκφόρτιση υπόγειου νερού..... 41
4.4 Πηγές, ποτάμια και χείμαρροι, εκβολές και δέλτα ποταμών 42
4.5 Η Υφιστάμενη Κατάσταση στην Ελλάδα..... 43
4.5.1 Υδρογραφία..... 43
4.5.2 Ποταμοί..... 43
4.5.3 Λίμνες..... 44

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : Η Ρύπανση των Υδατικών Πόρων
5.1 Η ρύπανση του νερού 45
5.2 Πηγές Ρύπανσης..... 45
5.2.1 Αστικά λύματα – Παθογένεια μολύνσεις..... 45
5.2.2 Αγροτική Ρύπανση 45
5.2.3.Βιομηχανική ρύπανση..... 46
5.2.4.Ευτροφισμός 46
5.3 Δείκτες Ρύπανσης..... 47
5.4 Αποτελέσματα Ρύπανσης..... 51

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Γενικά Χαρακτηριστικά & Στοιχεία Περιοχής Μελέτη
6.1 Υδατικό δυναμικό Χανίων 52
6.2 Περιγραφή Περιοχής Μελέτης 52
6.3 Γεωλογική Δομή Χανίων 54
6.4 Γεωλογική δομή Λεκάνης Κερίτη 55
6.5 Λίμνη Αγιά 56

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Δειγματοληψία & Έλεγχος Ποιότητας Νερού
7.1 Δειγματοληψία & Διατήρηση Δειγμάτων 57
7.1.1 Μεταφορά & Συντήρηση των Δειγμάτων 57
7.1.2 Προ κατεργασία - διατήρηση δείγματος 58
7.2Δειγματοληψία επιφανειακών νερών 58
7.3 Δειγματοληψία Ποταμών 59

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ , ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

8.1 Ενεργός οξύτητα ή pH 64
8.1.1 Μέτρηση 64
8.2 Ηλεκτρική Αγωγιμότητα 65
8.2.1 Μέτρηση 65
8.3 Διαλυμένο οξυγόνο ή DO 66
8.3.1 Μέτρηση 67
8.4 Θολερότητα 67
8.4.1 Μέτρηση 68
8.5 Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο ή BOD 69
8.5.1 Αρχή Μεθόδου 70
8.5.2 Μέτρηση BOD 71
8.5.3 Ερμηνεία Αποτελεσμάτων 71
8.5.4 Παρατηρήσεις 72
8.6 Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο ή COD 72
8.6.1 Αρχή μεθόδου 72
8.6.2 Μέτρηση 72
8.6.3 Παρατηρήσεις 72
8.7 Ολικός Οργανικός Άνθρακας ή TOC 72
8.7.1 Αρχή Μεθόδου 72
8.7.2 Μέτρηση 74
8.8 Νιτρικό Άζωτο 74
8.8.1 Μέτρηση 75
8.9 Αμμωνιακά ιόντα 75
8.9.1 Μέτρηση 76
8.10 Χλωριόντα 76
8.10.1 Μέτρηση 77
8.10.2 Υπολογισμός 77
8.11 Φώσφορικός Φώσφορος 78
8.11.1 Μέτρηση 78
8.12 Θειικά ιόντα 79
8.12.1 Μέτρηση 80
8.13 Σκληρότητα 81
8.13.1 Μέτρηση 82

8.14 Μικροβιολογικοί Παράγοντες **83**
8.14.1 Υπόστρωμα Βακτηρίων **84**
8.14.2 Μέθοδος για τη σύνθεση του υποστρώματος **84**
8.14.3 Μέθοδος Lauryl Sulphate Broth **85**
Διαγράμματα μεταβολής χημικών παραμέτρων νερού **89**

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ
9.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ Πληροφοριών **103**
9.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ **103**
9.3 Χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών **104**
9.4 Δυνατότητες που πρέπει να παρέχει ένα ΓΣΠ **104**
9.5 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΓΣΠ **105**
9.6 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών & Υδατικοί Πόροι **105**
9.6.1 Υδρολογικά μοντέλα επιφανειών **105**
9.6.2 Παροχή ύδατος & σχεδιασμός αποχετευτικών δικτύων **106**
9.6.3 Μόλυνση υδάτων από μη σημειακές πηγές **106**
9.7 Μελέτη υπόγειων νερών με ΓΣΠ **106**
9.8 Ψηφιακή Χαρτογραφία **107**
9.9 Ακρίβεια & Ποιότητα στοιχείων **108**
9.10 Τύποι Αρχείων & Μοντέλα **109**
9.11 Χάρτης & Επίπεδο **110**
9.12 Προβολικά Συστήματα στην Ελλάδα **111**
9.13 Παγκόσμιο Δορυφορικά Σύστημα Εντοπισμού (GPS) **115**
9.13.1 Το σύστημα GPS **115**
9.13.2 Τεχνική καταγραφής **115**
9.14 Μεθοδολογική Προσέγγιση **117**
9.14.1 Τοπογραφικοί Χάρτες **117**
9.14.2 Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους **118**
9.14.3 Αναλύσεις με βάση το ψηφιακό μοντέλο εδάφους **119**
9.14.4 Επιφάνειες Παρεμβολής **120**
Επιφάνειες παρεμβολής **123**

Συμπεράσματα – Συζήτηση **133**
Βιβλιογραφία **149**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1. Το νερό ως διαθέσιμος φυσικός πόρος

"Νερό αρχή των πάντων" κατά τον Θαλή τον Μιλήσιο και ένα από τα τέσσερα βασικά στοιχεία κατά τον Αριστοτέλη. Από την αρχαιότητα το νερό υπήρξε για την ανθρωπότητα πηγή ζωής, πλούτου αλλά και λατρείας, κάνοντας τον άνθρωπο να συνειδητοποιήσει γρήγορα την δύναμη του, κατατάσσοντας το ως ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία της φύσης προκαλώντας τον ταυτόχρονα σε ένα συνεχή αγώνα για την κατάκτησή του με αποτέλεσμα εκατομμύρια νεκρών. Ταυτόχρονα το νερό αποτελεί μέσο ζωής και αναγέννησης και αν αναλογιστούμε ότι το σώμα μας αποτελείται από νερό είναι φυσικό και απόλυτα σύμφωνο με τους νόμους της αρμονικής συνήχησης να υπάρχει μία αλληλεπίδραση αυτού και της ίδιας της φύσης τόσο στο υλικό όσο και στο εκφραστικό, στο νοητικό και στο ψυχικό επίπεδο. [1]

Δεν είναι τυχαία η θεοποίηση του από όλους τους αρχαίους πολιτισμούς. Από τους Ινδιάνους και Ίνκας της Αμερικής, αρχαίους Έλληνες και Αιγυπτίους, μέχρι τους Σαμάνους και Βαβυλώνιους της Ασίας, υπήρξε κύριο στοιχείο λατρείας μιλώντας για τις Ναϊάδες και Νεράιδες των πηγών, τις Νηριήδες των ωκεανών και για κάποιους άλλους "Ντέβα" του νερού . [1]

Το νερό συμμετείχε σε όλα τα στάδια ανάπτυξης του πλανήτη και κινείται αέναα, με διάφορες "αμφιέσεις", εναλλασσόμενο στις τρεις καταστάσεις του **στερεή** (πάγος, χιόνι), **υγρή** (νερό πηγών, θαλασσών) και **αέρια** (υδρατμοί στην ατμόσφαιρα), μεταξύ γης και ουρανού.[2]

Το νερό ακολουθεί έναν ορισμένο κύκλο στη φύση , εισρέει με τα κατακρημνίσματα στο έδαφος και από εκεί ένα μέρος εξατμίζεται, ένα μέρος χρησιμοποιείται από τα φυτά και ένα τμήμα συγκρατείται ως υγρασία στο έδαφος. Μέρος από το νερό των κατακρημνισμάτων ρέει επιφανειακά χωρίς να εισχωρήσει στο έδαφος με κατεύθυνση προς τη θάλασσα. Τα νερά που διηθούνται στο έδαφος είτε εμπλουτίζουν τα υπόγεια στρώματα είτε ξαναβγαίνουν στην επιφάνεια με τη μορφή πηγών και τροφοδοτούν με νερό τα ρέματα.

Το φυσικό νερό (πηγών, ποταμών κ.λ.π.) δεν είναι καθαρή χημική ένωση. Περιέχει σχεδόν πάντοτε διαλυμένα ανόργανα άλατα, αέρια και άλλες ουσίες, πολλές φορές και οργανικές. Σχηματίζεται από τη συμπύκνωση των υδρατμών που παράγονται από την εξάτμιση του νερού των ποταμών, των λιμνών και των θαλασσών που πέφτει ως βροχή, χιόνι ή χαλάζι. Η ανακύκλωση του νερού του πλανήτη μέσω συνεχών μετατροπών στη φυσική του κατάσταση είναι γνωστή και ως *υδρολογικός κύκλος ή κύκλος του νερού* [3]

Επίσης, το νερό υπάρχει σ' όλους τους ζωντανούς (ζωικούς και φυτικούς) οργανισμούς. Στις τροφές υπάρχει σε μεγάλο ποσοστό. Το γάλα π.χ. περιέχει 87%, οι πατάτες 78%, τα αβγά 74%, τα λαχανικά και τα φρούτα μέχρι 93% νερό. Στο ανθρώπινο σώμα το νερό περιέχεται σε ποσότητα 70% και στο αίμα 90%. Μερικές φορές προσκολλάται σε διάφορες χημικές ουσίες και σχηματίζει μ' αυτές *ένυδρες ενώσεις*, συνήθως κρυσταλλικές, όπως είναι ο ένυδρος θειικός χαλκός, η γύψος, το θειικό ασβέστιο κ.ά. Το νερό αυτό ονομάζεται "κρυσταλλικό νερό". Άλλοτε πάλι το νερό ενώνεται σταθερά με τα μόρια των χημικών ενώσεων και σχηματίζεται νέα χημική ένωση.[4]

Εικ1. *Υδρολογικός κύκλος νερού [3]*

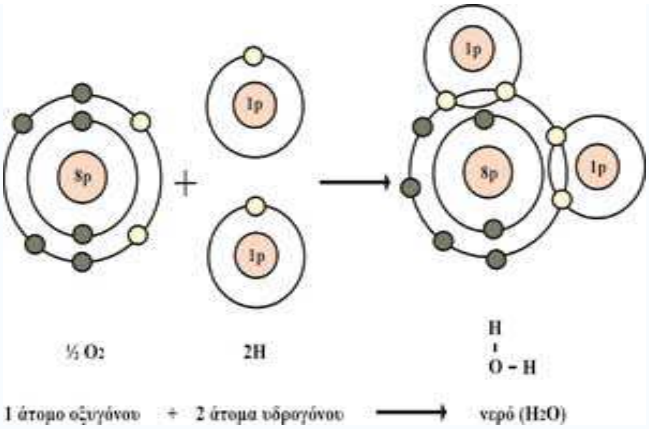
1.2. Φυσικές και Χημικές Ιδιότητες του Νερού

Από επιστημονικής απόψης το νερό που πάντα παρουσιάζεται σαν πρότυπο του τέλειου υγρού, μέχρι του σημείου να χρησιμοποιηθεί για να καθιερωθούν οι περισσότερες φυσικές σταθερές, είναι οτιδήποτε άλλο εκτός από ένα σταθερό και τέλειο υγρό. Κατόπιν διαφόρων ερευνών που έγιναν βρέθηκε ότι αντιτίθεται σε όλους τους γνωστούς φυσικούς νόμους, παρουσιάζοντας αστάθεια ακόμα και στις παραμικρές εξωτερικές επιδράσεις, **μαγνητικές, ενεργειακές ,ακόμα στις ψυχικές και νοητικές**.[1]

Το νερό είναι ανόργανη χημική ένωση και συναντάται σε όλα τα τμήματα της βιόσφαιρας (ατμόσφαιρα, υδρόσφαιρα και λιθόσφαιρα) και με τις τρεις μορφές της ύλης (στερεή, υγρή και αέρια).Το νερό είναι άχρωμο, άοσμο, και άγευστο και σε θερμοκρασία δωματίου (20ο C) υγρό.

Στην αρχαιότητα το νερό θεωρούνταν στοιχείο. αργότερα ανακαλύφθηκε ότι είναι η χημική ένωση υδρογόνου και οξυγόνου. Η σύνθεση του προσδιορίστηκε από τους Lavoisier, Laplace και Menie, των οποίων οι εργασίες συμπληρώθηκαν από τους Karlail και Nikolson (ηλεκτρολυτική ανάλυση του νερού, 1800), τους Gay Lussak και Choubolt (ευδιομετρική σύνθεση, 1805) και τις εργασίες του Dyma (σύνθεση κατά βάρος, 1843).

Το μόριο του νερού δεν είναι γραμμικό, δηλαδή οι δεσμοί O-H δε βρίσκονται πάνω στην ίδια ευθεία, αλλά σχηματίζουν γωνία 104,5 μοιρών. Το μήκος του δεσμού O-H είναι 0,96 Å (*Άγκστρεμ*, 1 Å = 10^{-8} cm). Λόγω της γωνιακής διάταξης του δεσμού O-H, το μόριο του νερού είναι ασύμμετρο και έχει υψηλή διπολική ροπή. Το κέντρο του θετικού φορτίου βρίσκεται προς την πλευρά του υδρογόνου και του αρνητικού προς την πλευρά του οξυγόνου. Ο υψηλός πολικός χαρακτήρας του μορίου εξηγεί τη μεγάλη του διηλεκτρική σταθερά (78 στους 25°C) και άλλες ιδιότητες αυτού, όπως είναι η διάλυση ετεροπολικών ενώσεων στο νερό, ιδιότητα που το καθιστά ένα από τα καλύτερα διαλυτικά μέσα Το νερό παρουσιάζει έντονα το φαινόμενο της σύζευξης, με τη δημιουργία δεσμών διά γέφυρας υδρογόνου. Τα μόρια δηλαδή του νερού σχηματίζουν δεσμούς μεταξύ του ηλεκτροθετικού υδρογόνου του ενός μορίου και του ηλεκτραρνητικού οξυγόνου του άλλου μορίου. [4]



Εικ2. *Μόριο νερού [4]*

Δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των μορίων του νερού εξακολουθούν να υπάρχουν και σε υψηλή σχετικά θερμοκρασία. Έτσι, στους 25°C ο αριθμός των δεσμών υδρογόνου μεταξύ των μορίων του νερού έχει τέτοια τιμή, ώστε ο στοιχειομετρικός τύπος του, στους 25°C, δεν είναι ο γνωστός H_2O, αλλά $H_{180}O_{90}$.

Το νερό είναι υγρό, διαυγές, άχρωμο σε λεπτά στρώματα, κυανίζον σε μεγάλους όγκους. Η καθαρή ουσία είναι άγευστη, ενώ το καλό πόσιμο νερό έχει ευχάριστη γεύση, που οφείλεται στα διαλυμένα άλατα και αέρια. Η πυκνότητα του νερού είναι διαφορετική σε διάφορες θερμοκρασίες, με μέγιστη στους 4°C. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι τιμές της πυκνότητας του νερού σε διάφορες θερμοκρασίες

Πίνακας 1.*Τιμές πυκνότητας νερού σε διάορες θερμοκρασίες [4]*

ΠΥΚΝΟΤΗΤΕΣ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΠΑΓΟΥ	
Θερμοκρασία σε °C	Πυκνότητα (gr/cm^3)
100	0.9586
80	0.9719
60	0.9833
40	0.9923
20	0.9982
10	0.9997
5	0.9999
3.98	1.0000
0 (νερό)	0.9998
0 (πάγος)	0.9170

Από τον πίνακα 1 φαίνεται πως το νερό σε στερεή κατάσταση έχει μικρότερη πυκνότητα απ' ό,τι στην υγρή. Αυτό έχει μεγάλη σημασία για την οικονομία της φύσης: Οι πάγοι επιπλέουν στο νερό και δρουν ως μονωτικά, εμποδίζοντας το νερό που βρίσκεται από κάτω να παγώσει, μ' όλες τις ευεργετικές συνέπειες στη ζωή του υδρόβιου κόσμου. Χωρίς την "ανωμαλία" αυτή της πυκνότητας του νερού, η ζωή στον πλανήτη μας δε θα υπήρχε, τουλάχιστον με τη σημερινή της

μορφή, εξαιτίας της βαθμιαίας ψύξης του νερού της επιφάνειας της Γης. Η ιδιορρυθμία της πυκνότητας του νερού είναι η αιτία της αποσάθρωσης των βράχων. Το νερό που εισέρχεται στις ρωγμές των βράχων στερεοποιείται κατά τη διάρκεια του χειμώνα και προκαλεί την αποσάθρωσή τους. Ακόμα, το σπάσιμο των σωλήνων διανομής του νερού κατά το χειμώνα οφείλεται στην αύξηση του όγκου του νερού κατά τη μετάβαση από την υγρή στη στερεή κατάσταση.

Το νερό έχει ειδική πολύ μεγάλη θερμοχωρητικότητα ($1\frac{cal}{gr} \times deg$) . Χρησιμοποιείται ευρύτατα ως ψυκτικό μέσο και ως φορέας θερμότητας στα καλοριφέρ. Το νερό της βροχής διαλύει διάφορα συστατικά της ατμόσφαιρας, π.χ. διοξείδιο του άνθρακα *(CO_2)*, λίγο οξυγόνο και άζωτο, συμπαρασύρει σκόνη, αιθάλη και άλλες αιωρούμενες ουσίες. Φτάνει στη γη ως αραιότατο οξύ, λόγω του διαλυμένου διοξειδίου του άνθρακα. Για το λόγο αυτόν, το φυσικό νερό διαλύει τα δυσδιάλυτα ανθρακικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνήσιου και τα μετατρέπει σε ευδιάλυτα όξινα ανθρακικά άλατα των στοιχείων.

Οι χημικές ιδιότητες και ιδιαίτερα οι διαλυτικές είναι πολύ σημαντικές για το οικοσύστημα. Το νερό έχει την ικανότητα να διαλύει μεγάλη ποικιλία ουσιών. Πολλά χημικά στοιχεία και χημικές ενώσεις διαλύονται στο νερό και ορισμένες από αυτές μεταφέρονται με την επίγεια και υπόγεια κίνηση του νερού σε διάφορα σημεία της επιφάνειας της γης. Με παρόμοιο τρόπο οι θρεπτικές ουσίες διαλυμένες μέσα στο νερό διέρχονται τις ρίζες και διαχέονται σε ολόκληρο τον ιστό του φυτού. Δυστυχώς όμως με τη διάλυση αυτή μεταφέρονται και βλαβερές ουσίες.

Πίνακας 2. *Ιδιότητες Νερού [4]*

Χημικός Τύπος	H_2O
Εμφάνιση	Διαυγές, σχεδόν άχρωμο υγρό, με έναν ελαφρά μπλέ τόνο.
Ατομικό Βάρος	18,0128 amu
Σημείο τήξεως	273,15 K (0 ^{0}C)
Σημείο ζέσεως	373,15 K (100 ^{0}C)
Κρίσιμη θερμοκρασία	22,1 Pa
Πυκνότητα (max)	999.972 kg/m^3 στους 4 ^{0}C
Δείκτης διάθλασης	1.333 (υγρό νερό, 20 ^{0}C)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

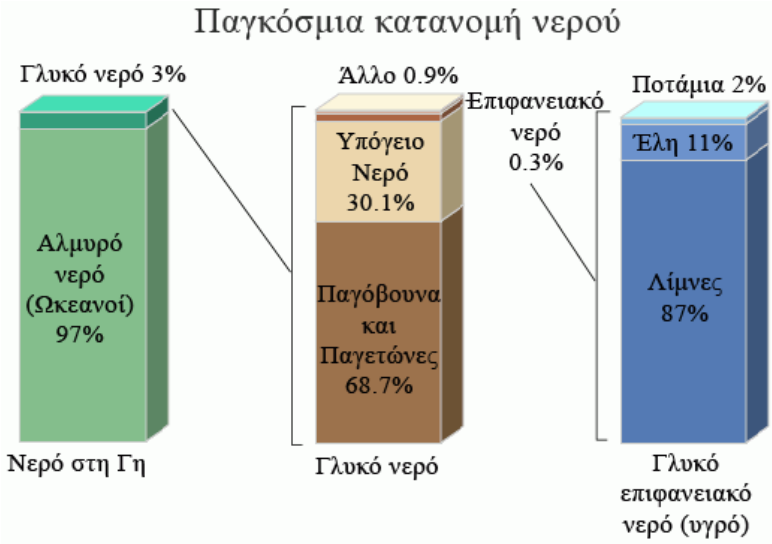
2.1 Παγκόσμια κατανομή νερού

Από τα συνολικά 1.386 εκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα του νερού στη Γη περισσότερο από 96% είναι αλμυρό. Από το υπόλοιπο που είναι γλυκό νερό το 68% είναι δεσμευμένο σε πάγο και παγετώνες. Ακόμα ένα 30% του γλυκού νερού βρίσκεται σε υπόγειους υδροφορείς. Το επιφανειακό γλυκό νερό που βρίσκεται σε ποτάμια και λίμνες είναι συνολικά 93.100 κυβικά χιλιόμετρα και αντιπροσωπεύει περίπου το 1/700 του 1% του συνολικού νερού στη Γη. Παρά ταύτα, τα ποτάμια και οι λίμνες είναι οι βασικές πηγές νερού για την κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών. Το γεγονός ότι οι λίμνες και τα ποτάμια, δηλαδή τα επιφανειακά νερά, είναι οι κύριες πηγές νερού, ή αλλιώς υδατικοί πόροι, φαίνεται να έρχεται σε αντίθεση με την εικόνα που δίνει ο παραπάνω πίνακας, σύμφωνα με την οποία τα υπόγεια νερά είναι κατά τάξεις μεγέθους περισσότερα από τα επιφανειακά. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί αν σκεφτούμε ότι οι πόροι του νερού δεν είναι αποθεματικοί (όπως π.χ. είναι το πετρέλαιο) αλλά ανανεώσιμοι. Επομένως αυτό που έχει σημασία δεν είναι η ποσότητα νερού που είναι αποθηκευμένη αλλά αυτή που ανανεώνεται κάθε χρόνο. Έτσι, λοιπόν, τα επιφανειακά νερά διακινούνται – και άρα ανανεώνονται – με πολύ πιο γρήγορους ρυθμούς από τα υπόγεια.

Πίνακας 3. *Εκτίμηση της παγκόσμιας κατανομής νερού [5]*

Μορφή Νερού	Όγκος νερού σε κυβικά χιλιόμετρα	Ποσοστό γλυκού νερού	Ποσοστό συνολικού νερού
Ωκεανοί, Θάλασσες & Κόλποι	1.338.000.000	--	96,5
Παγόβουνα, Παγετώνες & Μόνιμο χιόνι	24.064.000	68,7	1,74
Υπόγειο Νερό	23.400.000	--	1,7
Γλυκό	10.530.000	30,1	0,76
Αλμυρό	12.870.000	--	0,94
Εδαφική Υγρασία	16.500	0,05	0,001
Εδαφικός πάγος & Μόνιμα παγωμένο έδαφος	300.000	0,86	0,022
Λίμνες	176.400	--	0,013
Γλυκές	91.000	0,26	0,007
Αλμυρές	85.400	--	0,006
Ατμόσφαιρα	12.900	0,04	0,001
Έλη	11.470	0,03	0,0008
Ποταμοί	2.120	0,006	0,0002
Βιολογικό Νερό	1.120	0,003	0,0001
Σύνολο	1.386.000.000	-	100

Με άλλα λόγια δεν έχει τόσο σημασία η στατική εικόνα της αποθήκευσης του νερού, αλλά η δυναμική εικόνα της κυκλοφορίας του νερού στην υδρόγειο. Αυτή περιγράφεται από τις ποσότητες των διακινήσεων του νερού ανάμεσα στις διάφορες μορφές, δηλαδή τις ποσότητες που μεταφέρονται μέσα στον υδρολογικό κύκλο. Σε μέση ετήσια βάση, οι ποσότητες αυτές δίνονται στον πίνακα 4.



Εικ.3 *Παγκόσμια κατανομή Νερού [5]*

Πίνακας 4 . *Εκτίμηση των μέσων ετήσιων φυσικών διακινήσεων του νερού της Γης (συνιστωσών του υδρολογικού κύκλου*) [6]

Επιφάνεια αναφοράς	Έκταση σε δισεκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα	Διακίνηση	Μέσος ετήσιος όγκος σε κυβικά χιλιόμετρα	Ποσοστό επί των κατακρημνισμάτων, %
Σύνολο επιφάνειας Γης	510,0	Κατακρημνίσματα = Εξατμοδιαπνοή	577.000	100,0
Ωκεανοί	361,1	Κατακρημνίσματα	458.000	100,0
		Εξάτμιση	505.000	110,3
Ξηρά	148,9	Κατακρημνίσματα	119.000	100,0
		Εξατμοδιαπνοή	72.000	60,5
		Συνολική απορροή	47.000	39,5
		Επιφανειακή συνιστώσα απορροής	44.700	37,6
		Υπόγεια συνιστώσα απορροής	2.300	1,9

Τα πιο χαρακτηριστικά στοιχεία που παρατηρούμε μελετώντας τον πίνακα 4 είναι ότι

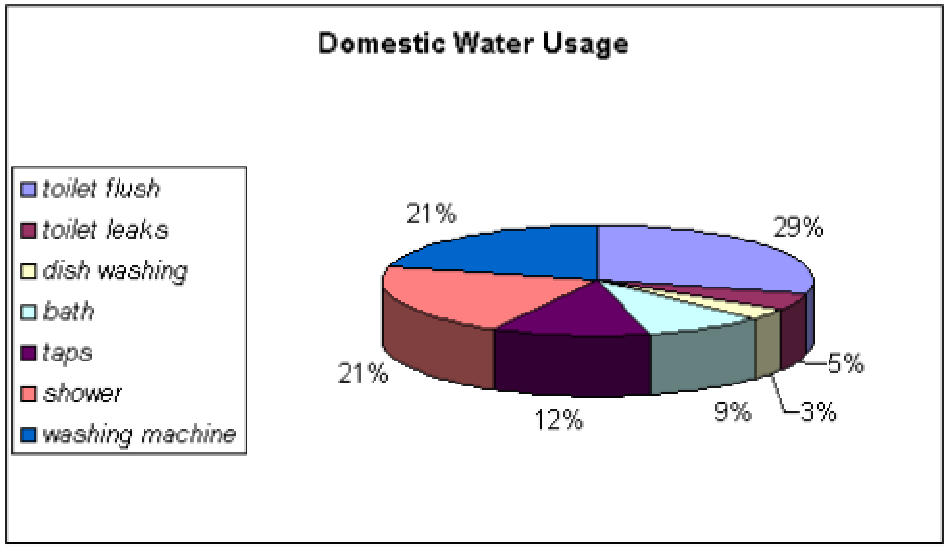
1.Το χερσαίο τμήμα της Γης τροφοδοτείται από το θαλάσσιο, μέσω των μηχανισμών της εξάτμισης και της μεταφοράς από τους ανέμους, με υδρατμούς (δηλαδή νερό σε καθαρή μορφή) που φτάνουν στο 39,5% των χερσαίων κατακρημνισμάτων (το υπόλοιπο 60,5% των χερσαίων κατακρημνισμάτων προέρχεται από τη χερσαία εξατμοδιαπνοή).

2. Η ίδια ποσότητα (39,5%) οδηγείται μέσω της επιφανειακής και υπόγειας απορροής από την ξηρά στη θάλασσα, για να κλείσει έτσι ο υδρολογικός κύκλος και το υδατικό ισοζύγιο της υδρογείου.

3. Από τη συνολική απορροή, η οποία αποτελεί και την οροφή του εκμεταλλεύσιμου υδατικού δυναμικού, τη μερίδα του λέοντος παίρνει η επιφανειακή απορροή (η επιφανειακή εκροή στη θάλασσα είναι περίπου 20 φορές μεγαλύτερη από την υπόγεια.

2.2 Κατανομή νερού

Από την εικόνα 3 συμπεραίνουμε ότι το 97,39% των υδατικών αποθεμάτων της φύσης είναι το θαλασσινό νερό, το 2,01% το αποτελούν οι πάγοι, το 0,58% τα υπόγεια νερά, το 0,02% είναι οι λίμνες και οι ποταμοί, το 0,02% υπάρχει στην ατμόσφαιρα υπό μορφή υδρατμών, το γλυκό νερό είναι το 2,6% της συνολικής ποσότητας. Οι μέσες ποσότητες νερού που καταναλώνει ένας άνθρωπος ετησίως είναι για το ντους 35 L, το λουτρό 80 L, για πλυντήριο ρούχων 80 L, το πλυντήριο πιάτων 22 L και για το καζανάκι τουαλέτας 7 με 10 L. Στην εικόνα 4 βλέπουμε την κατανάλωση νερού σε πιτόγραμμα (Εικ.4) [6].

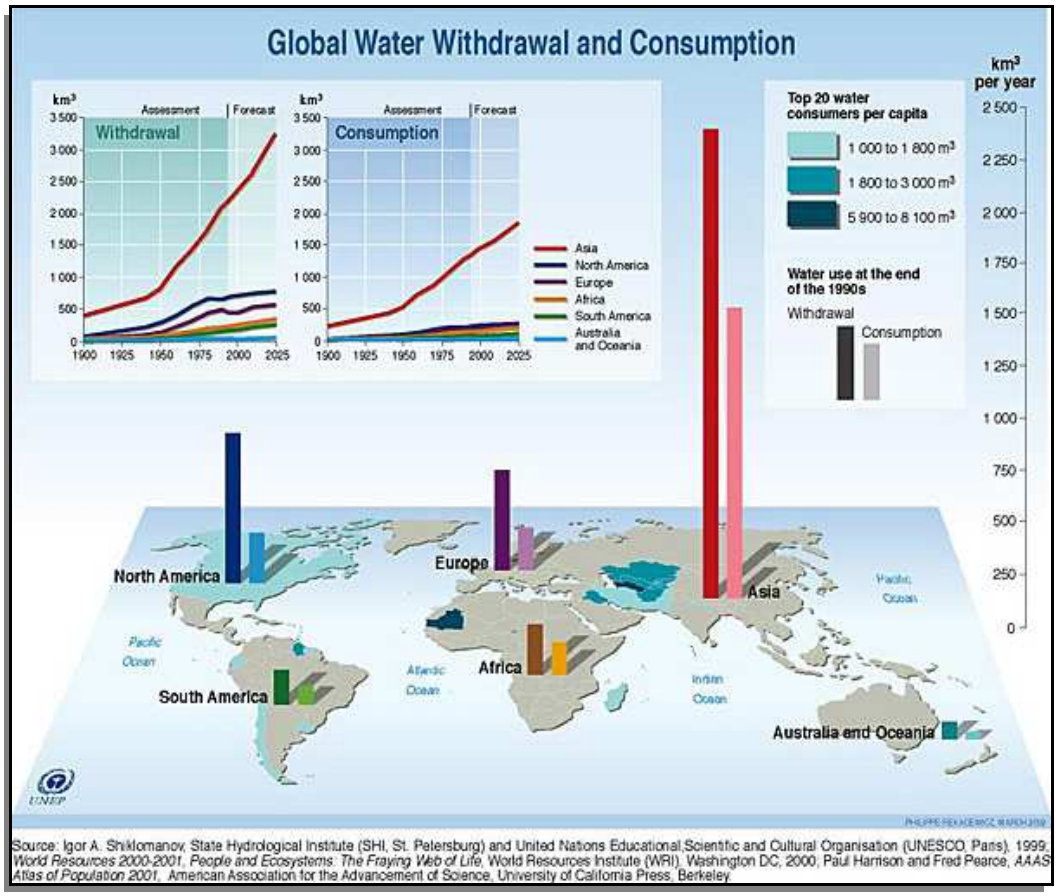


Εικ.4. *Κατανάλωση νερού [8]*

Η μέση κατανάλωση νερού [7] ανά άτομο την ημέρα στις αναπτυγμένες χώρες είναι 150 λίτρα. Είναι μια ποσότητα αρκετή να γεμίσει δύο μπανιέρες. Αν ξόδευε τις παραπάνω τιμές κάθε κάτοικος της Θεσσαλονίκης θα απαιτούνταν για την υδροδότηση της πόλης 150.000 κυβικά μέτρα νερού κατά τη διάρκεια του χειμώνα και ίσως 200.000 κυβικά το καλοκαίρι. Σήμερα όμως, λόγω σπατάλης, χρειαζόμαστε 280.000 κυβικά και το καλοκαίρι μας λείπουν 60.000.

2.3 Η κατάσταση του νερού στην Ευρώπη

Τι γίνεται όμως στην Ευρώπη; Το 20% όλων των επιφανειακών υδάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση απειλείται σοβαρά από ρύπανση, τα υπόγεια ύδατα παρέχουν περίπου το 65% όλου του πόσιμου νερού της Ευρώπης, το 60% των ευρωπαϊκών πόλεων κάνουν υπέρ εκμετάλλευση των πόρων των υπόγειων υδάτων τους, το 50% των υγρότοπων βρίσκονται σε "επικίνδυνη κατάσταση" λόγω της υπέρ εκμετάλλευσης των υπόγειων υδάτων [10].

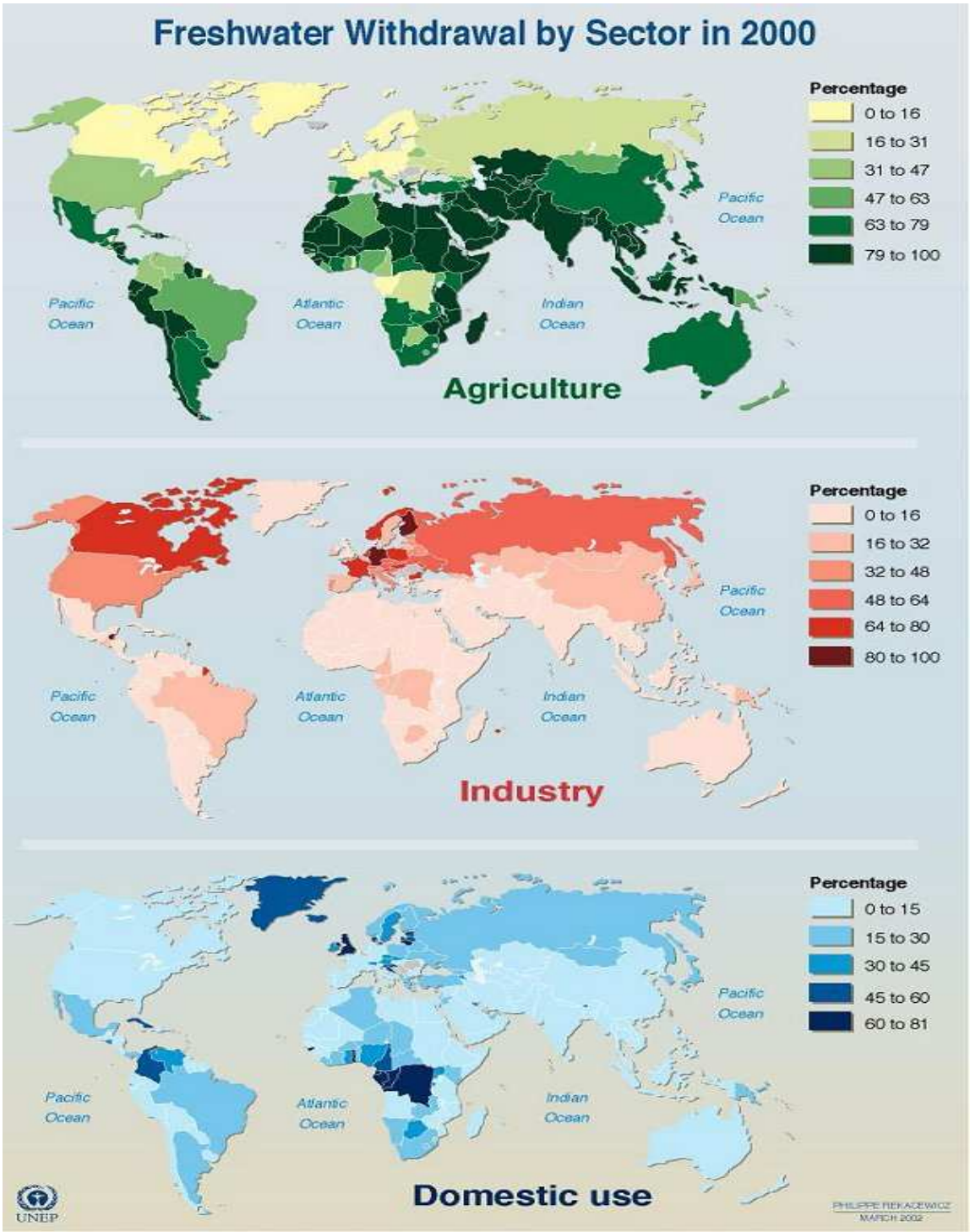


Εικ. 5. *Παγκόσμια άντληση και κατανάλωση νερού* [9]

Στην Ελλάδα έχουν χαθεί τα 2/3 των υγροτόπων, που υπήρχαν στις αρχές του αιώνα: τα έλη αποξηράνθηκαν, καταστρέφονται οι λιμνοθάλασσες, περιορίστηκε η έκταση πολλών λιμνών, στέρεψαν κυριολεκτικά τα περισσότερα ποτάμια και άλλαξε μορφή η κοίτη τους. Χάθηκαν έτσι μαζί τους όλα τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν οι επιφανειακές συγκεντρώσεις του νερού: ο εμπλουτισμός των υπογείων υδροφορέων, η ευεργετική επίδραση στο κλίμα, η διατήρηση της υδρόβιας ζωής.

Στην Ελλάδα καταναλώνεται το 7% των μέσων ετήσιων ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων ή το 11% του διαθέσιμου ετήσιου δυναμικού, ποσοστά που δείχνουν επίσης την ύπαρξη μη ορθολογικής διαχείρισης υδατικών πόρων. Από τα 8.000 εκατ. m3/έτος περίπου, που σήμερα καταναλίσκουν σε όλη τη χώρα, 45% περίπου (47% για την άρδευση και 30% για την ύδρευση), δηλαδή 3.300 εκατ. m3/έτος, αποτελούν διάφορες απώλειες, που θα μπορούσαν να περιοριστούν σημαντικά με την εφαρμογή κατάλληλων διαχειριστικών παρεμβάσεων.

Ο μεταπολεμικός τρόπος ανάπτυξης (αστικοποίηση, ανάπτυξη της βιομηχανίας, της γεωργίας, του τουρισμού), σε συνδυασμό με τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου, έχει ως αποτέλεσμα την όλο και μεγαλύτερη κατανάλωση νερού. Τα υπόγεια νερά είναι ίσως οι μόνες ικανές πηγές να αντιμετωπίσουν τις αυξανόμενες ανάγκες, γεγονός που τα κάνει να θεωρούνται ως ένα από τα πολυτιμότερα και περισσότερο αναζητούμενα αγαθά στον κόσμο.



Source: *World Resources 2000-2001, People and Ecosystems: The Fraying Web of Life*, World Resources Institute (WRI), Washington DC, 2000.

Εικ. 6. *Παγκόσμια άντληση ύδατος για γεωργία, βιομηχανία και οικιακή χρήση* ***[11]***

2.4 Η Ποιότητα των Νερών στην Ελλάδα

Τα ύδατα των ποταμών στην Ελλάδα [12] είναι γενικά καλής ποιότητας. Οι συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων είναι σε γενικές γραμμές κατώτερες των ορίων που θέτει η Ευρωπαϊκή Ένωση για το πόσιμο νερό. Υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών και φωσφορικών ιόντων έχουν παρατηρηθεί στον ποταμό Έβρο, ενώ στον Αξιό ποταμό έχουν καταγραφεί συγκεντρώσεις φωσφόρου, νιτρωδών και αμμωνιακών σε υψηλά επίπεδα. Ίχνη ποιοτικής υποβάθμισης των λιμναίων υδάτων έχουν παρατηρηθεί εδώ και κάποιες δεκαετίες. Οι περισσότερες λίμνες, εκτός από τις βαθιές, παρουσιάζουν προβλήματα ευτροφισμού, δηλαδή υψηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών συστατικών (νιτρικά, αμμωνιακά άλατα), τα οποία ευνοούν την ανάπτυξη συγκεκριμένων φυτικών οργανισμών που καλύπτουν την επιφάνεια και προκαλούν την κατάρρευση ολόκληρου το οικοσυστήματος της λίμνης .

Τα σημαντικότερα προβλήματα παρατηρούνται στις λίμνες Παμβώτιδα των Ιωαννίνων, της Καστοριάς, στη Βεγορίτιδα και στη λίμνη Βιστονίδα.

Στα παράκτια ύδατα υψηλές συγκεντρώσεις ρυπαντικών φορτίων έχουν καταγραφεί στις περιοχές του Σαρωνικού, του Θερμαϊκού, του Παγασητικού, του κόλπου του Ηρακλείου, καθώς και στους όρμους της Ελευσίνας και της Νέας Καρβάλης στην Καβάλα. Γενικά πάντως τα περισσότερα από τα 15.000 χιλιόμετρα ακτογραμμής της Ελλάδας διαθέτουν ιδιαίτερα καθαρά και διαυγή ύδατα κολύμβησης.

Προβλήματα ρύπανσης εμφανίζονται και στους υδροβιότοπους, καθώς, σύμφωνα με στοιχεία του WWF, εννέα από τους έντεκα υδροβιότοπους στην Ελλάδα που προστατεύονται από τη συνθήκη Ραμσάρ είναι ρυπασμένοι.

Παρ' όλο που δεν υπάρχουν αρκετά δεδομένα για την ποιότητα των υπογείων υδάτων, υπάρχουν ενδείξεις ρύπανσής τους λόγω της ανεξέλεγκτης διάθεσης των υγρών αποβλήτων. Υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων έχουν καταγραφεί στο Θερμαϊκό και τον Αμβρακικό κόλπο, ενώ γενικά υπολείμματα φυτοφαρμάκων έχουν ανιχνευτεί σε περιοχές της Μακεδονίας και της Θράκης, αλλά με συγκεντρώσεις κατώτερες των ανώτατων επιτρεπτών ορίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3
ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ

3.1 Ορισμός Υγροτόπων

Ο πιο γνωστός, επίσημος ορισμός του υγροτόπου [13 -15], είναι αυτός που αναφέρεται στη βασική σύμβαση που ρυθμίζει παγκοσμίως τη διαχείρισή τους, τη Σύμβαση Ραμσάρ: "Υγρότοποι είναι φυσικές ή τεχνητές περιοχές αποτελούμενες από έλη με ξυλώδη βλάστηση, από μη αποκλειστικώς ομβροδίαιτα έλη με τυρφώδες υπόστρωμα, από τυρφώδεις γαίες ή από νερό. Οι περιοχές αυτές κατακλύζονται μόνιμα ή προσωρινά από νερό, το οποίο είναι στάσιμο ή ρέον, γλυκό, υφάλμυρο ή αλμυρό. Σ' αυτές περιλαμβάνονται και εκείνες που καλύπτονται με θαλασσινό νερό, το βάθος του οποίου κατά την άμπωτη δεν ξεπερνά τα έξη μέτρα". Σύμφωνα με τον ίδιο ορισμό στους υγρότοπους, μπορούν να ενταχθούν "οι παρόχθιες ή παράκτιες ζώνες που γειτονεύουν με υγροτόπους ή με νησιά ή με θαλάσσιες υδατοσυλλογές και που είναι μεν βαθύτερες από έξη μέτρα κατά την άμπωτη αλλά βρίσκονται στα όρια του υγροτόπου όπως αυτός ορίζεται παραπάνω".

Τα υγροτοπικά οικοσυστήματα στηρίζουν διάφορες παραγωγικές ανθρώπινες δραστηριότητες, ενώ παράλληλα είναι ενδιάμεσοι ή τελικοί αποδέκτες, τόσο της επιφανειακής όσο και της υπόγειας απορροής της υδρολογικής τους λεκάνης. Άρα ο βαθμός στον οποίο επιτελούνται οι λειτουργίες τους, δεν επηρεάζεται μόνο από τις ανθρώπινες δραστηριότητες που αναπτύσσονται μέσα στα όριά τους, αλλά και από αυτές που αναπτύσσονται στα ανάντη τους. Για παράδειγμα, μεταβολές στις χρήσεις γης ή μεγάλα υδραυλικά έργα, όπως εκτροπές ποταμών και φράγματα, είναι βέβαιο ότι θα επηρεάσουν τις λειτουργίες των κατάντη υγροτοπικών οικοσυστημάτων.

Ταυτόχρονα, όμως, ο βαθμός στον οποίο επιτελούνται οι λειτουργίες ενός υγροτόπου, επηρεάζει την ποιότητα των υδατικών και εδαφικών πόρων στα κατάντη του. Εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων, ευτροφισμός και ρύπανση των ακτών, υποβάθμιση γεωργικών γαιών λόγω χαμηλής ποιότητας αρδευτικού νερού είναι μερικά μόνο παραδείγματα των δυσμενών συνεπειών που απορρέουν από την υποβάθμιση ή την απώλεια λειτουργιών των υγροτοπικών συστημάτων.

Η αλληλεπίδραση μεταξύ των υδατικών και εδαφικών πόρων μιας λεκάνης απορροής από τη μια πλευρά και των υγροτοπικών οικοσυστημάτων της από την άλλη, επιβάλλει, η αποκατάσταση των λειτουργιών των υγροτόπων να αποτελεί μια από τις βάσεις για την αειφορική διαχείριση των υδατικών και εδαφικών πόρων κάθε λεκάνης απορροής. Η αντίληψη αυτή έχει ήδη υιοθετηθεί από μεγάλο μέρος της επιστημονικής κοινότητας και διέπει το πνεύμα της πρόσφατης Κοινοτικής Οδηγίας 2000/60/ΕΚ "για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων". Σύμφωνα με την Οδηγία, η διαχείριση των υδατικών και εδαφικών πόρων σε κάθε λεκάνη απορροής θα πρέπει να ασκείται κατά τρόπο που να συμβάλλει στην αποτροπή κάθε περαιτέρω υποβάθμισης, στην προστασία και στη βελτίωση της κατάστασης των υδάτινων οικοσυστημάτων καθώς και των άμεσα εξαρτώμενων από αυτά χερσαίων οικοσυστημάτων.

Η ποσοτικοποίηση της αλληλεπίδρασης των υδατικών και εδαφικών πόρων μιας λεκάνης απορροής με το γειτνιάζον υγροτοπικό σύστημα αποτελεί ένα από τα πρώτα βήματα σε κάθε προσπάθεια αειφορικής διαχείρισής τους. Ουσιαστική βοήθεια σ' αυτό μπορούν σήμερα να προσφέρουν σύγχρονα επιστημονικά εργαλεία. Τα εργαλεία αυτά θα πρέπει να είναι σε θέση να αντιμετωπίζουν ολοκληρωμένα τη διαχείριση των υδατικών, εδαφικών και υγροτοπικών πόρων, αξιοποιώντας τεχνογνωσία από όλους τους σχετικούς κλάδους (Υδρολογία, Γεωλογία, Εδαφολογία, Οικολογία, Αγροκομία, Δασοκομία, Οικονομικές επιστήμες). Πρέπει, δηλαδή, να μπορούν να περιγράφουν την κατάσταση του εδάφους, τις διάφορες φάσεις του υδρολογικού κύκλου, την ποιότητα του νερού, την ποσότητα του νερού, αλλά και τα βιολογικά γνωρίσματα αυτού, και τελικώς να δίνουν πληροφορίες κατάλληλα επεξεργασμένες, σε επίπεδο υδρολογικό,

οικολογικό, οικονομικό και διοικητικό, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη στήριξη της διαδικασίας λήψης αποφάσεων.

Στη χώρα μας έχουν καταγραφεί περίπου 400 υγρότοποι, ενώ δέκα από αυτούς έχουν αναγνωρισθεί ως διεθνούς σημασίας (ενταγμένοι στη Συνθήκη Ραμσάρ) και θα έπρεπε να προστατεύονται αναλόγως. Η συνολική τους έκταση (2.000 τ. χλμ.) καλύπτει περίπου το 1,5% του ελλαδικού χώρου. Οι μισοί σχεδόν είναι συγκεντρωμένοι στη Μακεδονία και τη Θράκη, ενώ μόνο το 3% βρίσκεται στα νησιά και την Κρήτη (1). Η αυξανόμενη παρουσία ανθρώπινων πληθυσμών και η ανάπτυξη της τεχνολογίας οδήγησαν σε μια ολοένα μεγαλύτερη εξαφάνιση των ελληνικών υγροτόπων. Ιδιαίτερα μετά το 1920 και κατά τη διάρκεια δύο γενεών έχει υπολογισθεί ότι στη χώρα μας αποξηράνθηκαν τα δύο τρίτα των υγροτοπικών της εκτάσεων (3). Τότε θεωρούσαν ότι «οι υγρότοποι είναι τόποι ανθυγιεινοί, που θα έπρεπε να αποδοθούν στη γεωργία».

3.2 Σύνθήκη Ραμσαρ και Ελλάδα

Η Σύμβαση Ραμσάρ [13] καταρτίσθηκε το 1971 ως "Σύμβαση για τους Υγροτόπους Διεθνούς Σημασίας ως Ενδιαιτήματος για Υδρόβια Πουλιά". Έκτοτε, η Σύμβαση Ραμσάρ έγινε εξαιρετικά γνωστή από τη συχνή αναφορά της στα κείμενα που ασχολούνται με θέματα προστασίας του περιβάλλοντος. Η Ελλάδα κύρωσε τη Σύμβαση το 1974, ενώ μέχρι το 1995 πάνω από 90 χώρες την είχαν υπογράψει και την είχαν αποδεχθεί. Οι χώρες που υπογράφουν τη Σύμβαση συμφωνούν ότι οι υγρότοποι αποτελούν αναντικατάστατο φυσικό πόρο με μεγάλη οικονομική, πολιτιστική και επιστημονική καθώς και αξία αναψυχής και ως εκ τούτου επιθυμούν να αποτρέψουν απώλεια των υγροτόπων αναλαμβάνοντας εθνική και διεθνή δράση. Στους υγρότοπους οι οποίοι συνήθως έχουν και πολύπλοκη δομή, συναντά κανείς μεγάλες ποικιλίες από είδη όπως υδρόβια ή υδρόφιλα φυτά, έντομα, ψάρια, αμφίβια, ερπετά, πουλιά και θηλαστικά. Τα είδη αυτά παρουσιάζουν εξαιρετική αλληλεξάρτηση τόσο μεταξύ τους όσο και σε σχέση με το ανόργανο περιβάλλον τους. Ενδεικτικά αξίζει να αναφέρουμε ότι στην Ελλάδα μόνο, τουλάχιστον 138 είδη πουλιών εξαρτώνται με κάποιο τρόπο από τους υγρότοπους, ενώ κάποια συγκεκριμένα είδη χαρακτηρίζονται ως απειλούμενα σε παγκόσμια κλίμακα. Αντιλαμβάνεται έτσι κανείς τη σημασία της διατήρησης των υγροτόπων, μιας και όσοι δεν έχουν υποβαθμισθεί από την ανθρώπινη δραστηριότητα σφύζουν από ζωή πολύτιμη για το περιβάλλον και τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Η Ελλάδα από το 1920 μέχρι σήμερα έχει χάσει περίπου το 60% των υγροτόπων της λόγω αποξηράνσεων. Η αποξήρανση αποτελεί την παλαιότερη και σοβαρότερη απειλή για τους υγροτόπους ολόκληρης της Μεσογείου. Οι βασικοί λόγοι των αποξηράνσεων ήταν η αύξηση της γεωργικής καλλιεργήσιμης γης και του διαθέσιμου αρδευτικού νερού, ο έλεγχος των πλημμύρων που κατέστρεφαν τις σοδειές και η αντιμετώπιση του προβλήματος της ελονοσίας. Σήμερα, οι υγρότοποι κινδυνεύουν από την υποβάθμιση, η οποία δεν προέρχεται πλέον από τις αποξηράνσεις αλλά την οικιστική και τουριστική ανάπτυξη.

Το 1990 το Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ανέθεσαν στο Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας την οργάνωση ενός ειδικού ιδρύματος για τους Ελληνικούς υγροτόπους. Την επομένη χρονιά, το 1991, άρχισε στη Θεσσαλονίκη η λειτουργία του Ελληνικού Κέντρου Βιοτόπων - Υγροτόπων (ΕΚΒΥ). Σύμφωνα με την απογραφή που πραγματοποίησε το ΕΚΒΥ, σήμερα η Ελλάδα έχει περισσότερους από 400 μικρότερους και μεγαλύτερους υγροτόπους, συνολικού εμβαδού πάνω από 2 εκατομμύρια στρέμματα. Τα τελευταία χρόνια, η σημασία των υγροτόπων έχει αρχίσει να αναγνωρίζεται από την ευρύτερη κοινωνία και να γίνεται κατανοητή η ανάγκη ανάληψης δράσης για την προστασία τους. Οι υγροτοπικές εκτάσεις χρήζουν σωστής διαχείρισης και η φροντίδα τους τόσο από το κράτους όσο και από τους ίδιους τους πολίτες είναι αναγκαία και επιβεβλημένη.

Ένας από τους όρους της Σύμβασης του Ραμσάρ, είναι ότι κάθε συμβαλλόμενο κράτος οφείλει να ορίσει έναν τουλάχιστον υγρότοπο της επικράτειάς του ως Διεθνή με βάση τα κριτήρια

που ορίζει η Σύμβαση, ώστε να συμπεριληφθεί στον Κατάλογο Υγροτόπων Διεθνούς Σημασίας, ο οποίος είναι αλλιώς γνωστός ως Κατάλογος Ραμσάρ. Η Ελλάδα έχει εντάξει 11 υγροτόπους της στον Κατάλογο Ραμσάρ, (εικ.9)

- Υγρότοπος Δέλτα του Έβρου
- Υγρότοπος Λίμνης Ισμαρίδας και Λιμνοθαλασσών Ροδόπης
- Υγρότοπος Λίμνης Βιστονίδας και Λιμνοθάλασσας του Πόρτο Λάγος
- Υγρότοπος Δέλτα του Νέστου
- Υγρότοπος Τεχνητής Λίμνης Κερκίνης
- Υγρότοπος Λιμνών Βόλβη και Κορώνεια (Λαγκαδά)
- Υγρότοπος Ποταμών Γαλλικού, Αξιού, Λουδία, Αλιάκμονα και των Δέλτα τους
- Υγρότοπος Λίμνης Μικρής Πρέσπας
- Υγρότοπος Αμβρακικού Κόλπου
- Οι Υγρότοποι της Περιοχής του Μεσολογγίου
- Υγρότοπος της Λιμνοθάλασσας Κοτύχι και Δάσου της Στροφυλίας

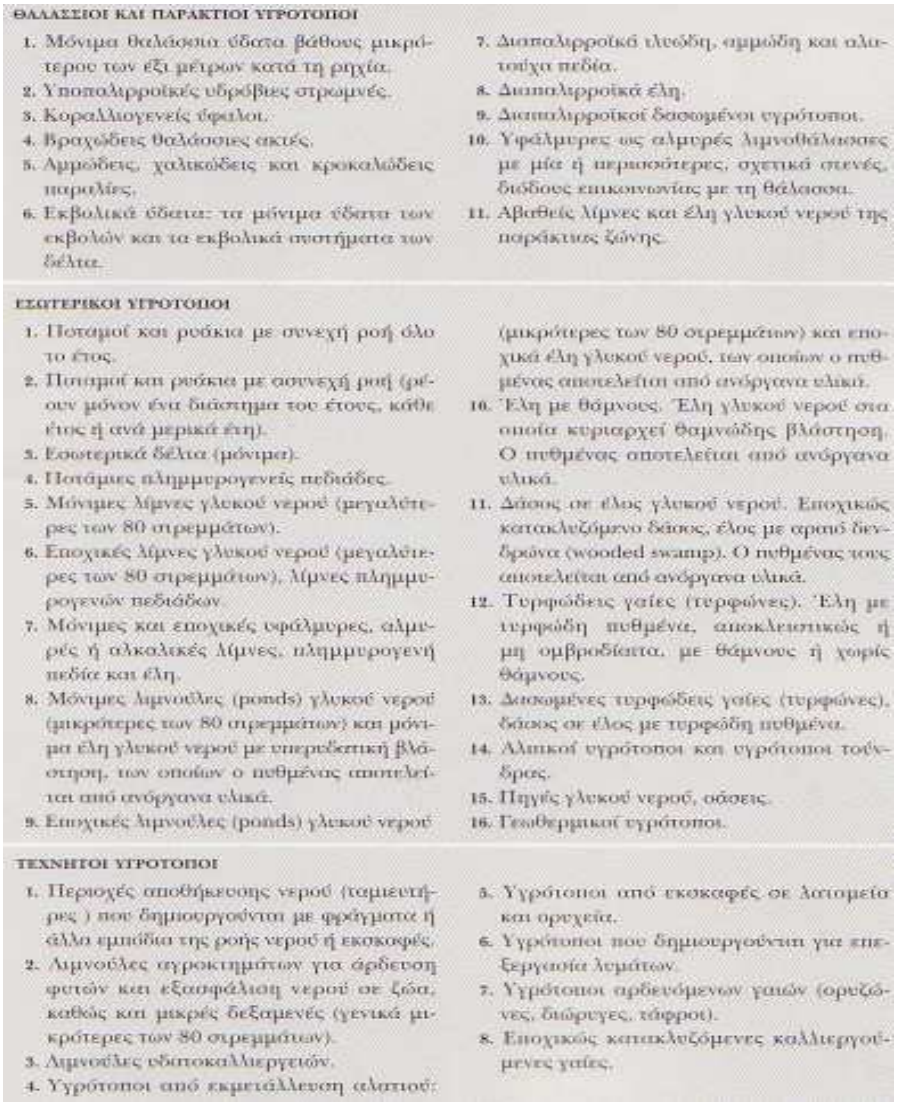
Οι πηγές Αγυάς συμπεριλαμβάνονται στο πρόγραμμα “Natura 2000”. Το Δίκτυο Natura 2000 αποτελεί ένα Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο περιοχών, οι οποίες φιλοξενούν φυσικούς τύπους οικοτόπων και οικοτόπους ειδών που είναι σημαντικοί σε ευρωπαϊκο επίπεδο. Αποτελείται από δύο κατηγορίες περιοχών: Τις **«Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ)»** για την Ορνιθοπανίδα, και τους **«Τόπους Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ)»**.Το πρόγραμμα είχε ως σκοπό τη δημιουργία ενός δικτύου προστατευόμενων περιοχών οι οποίες θα τεθούν κάτω από ένα συγκεκριμένο καθεστώς ειδικής διαχείρισης . Το καθεστώς αυτό ορίζεται από κάθε χωρά μέλος λαμβάνοντας υπόψιν της τις ιδιαιτερότητες της για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας της τόσο στο παρόν όσο και στο μέλλον. [14]

Πραγματοποιήθηκε καταγραφή των φυσικών τύπων οικοτόπων και των ειδών που περιλαμβάνονται στα Παραρτήματα I και II της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ. Ειδική έμφαση δόθηκε στην ερμηνεία, εκτίμηση και παρουσίαση των στοιχείων που καταγράφηκαν στα "Τυποποιημένα Δελτία Δεδομένων”. Ανάδοχος του έργου είναι το Υπουργείο Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων. [14]

Πιν. 5. *Προστατευόμενες περιοχές Natura 2000 για το νομό Χανίων[14]*

			ΧΑΝΙΑ		
338	GR4340001	SCI	IMERI KAI AGRIA GRAMVOUSA - TIGANI KAI FALASARNA - PONTIKONISI, ORMOS LIVADIA-VIGLIA	ΗΜΕΡΗ & ΑΓΡΙΑ ΓΡΑΜΒΟΥΣΑ - ΤΙΓΑΝΙ & ΦΑΛΑΣΑΡΝΑ - ΠΟΝΤΙΚΟΝΗΣΙ, ΟΡΜΟΣ ΛΙΒΑΔΙ - ΒΙΓΛΙΑ	5781,30
339	GR4340002	SCI	NISOS ELAFONISOS KAI PARAKTIA THALASSIA ZONI	ΝΗΣΟΣ ΕΛΑΦΟΝΗΣΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΖΩΝΗ	271,79
340	GR4340003	SCI	CHERSONISOS RODOPOU - PARALIA MALEME	ΧΕΡΣΟΝΗΟΣ ΡΟΔΟΠΟΥ - ΠΑΡΑΛΙΑ ΜΑΛΕΜΕ	8753,27
341	GR4340004	SCI	ELOS - TOPOLIA - SASALOS - AGIOS DIKAIOS	ΕΛΟΣ - ΤΟΠΟΛΙΑ - ΣΑΣΑΛΟΣ - ΑΓΙΟΣ ΔΙΚΑΙΟΣ	7351,92
342	GR4340005	SCI	ORMOS SOUGIAS - BARDIA - FARAGGI LISSOU - ANYDROUS KAI PARAKTIA ZONI	ΟΡΜΟΣ ΣΟΥΓΙΑΣ - ΒΑΡΔΙΑ - ΦΑΡΑΓΓΙ ΛΙΣΣΟΥ ΜΕΧΡΙ ΑΝΥΔΡΟΥΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ	3039,84
343	GR4340006	SCI	LIMNI AGIAS - PLATANIAS - REMA KAI EKVOLI KERITI - KOILADA FASAS	ΛΙΜΝΗ ΑΓΙΑΣ - ΠΛΑΤΑΝΙΑΣ - ΡΕΜΑ ΚΑΙ ΕΚΒΟΛΗ ΚΕΡΙΤΗ - ΚΟΙΛΑΔΑ ΦΑΣΑΣ	1211,58
344	GR4340007	SCI	FARAGGI THERISSOU	ΦΑΡΑΓΓΙ ΘΕΡΙΣΣΟΥ	497,73
345	GR4340008	SCI	LEFKA ORI KAI PARAKTIA ZONIA	ΛΕΥΚΑ ΟΡΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ	53363,68
346	GR4340010	SCI	DRAPANO (VOREIOANATOLIKES AKTES) - PARALIA GEORGIOUPOLIS - LIMNI KOURNA	ΔΡΑΠΑΝΟ (ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΕΣ ΑΚΤΕΣ) - ΠΑΡΑΛΙΑ ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΙΣ - ΛΙΜΝΗ ΚΟΥΡΝΑ	4430,51
347	GR4340011	SCI	FRE - TZITZIFES - NIPOS	ΦΡΕ - ΤΖΙΤΖΙΦΕΣ - ΝΙΠΟΣ	1217,60
348	GR4340012	SCI	ASFENDOU - KALLIKKRATIS KAI PARAKTIA ZONI	ΑΣΦΕΝΔΟΥ - ΚΑΛΛΙΚΡΑΤΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ	14022,51
349	GR4340013	SCI	NISOI GAVDOS KAI GAVDOPOULA	ΝΗΣΟΙ ΓΑΒΔΟΣ ΚΑΙ ΓΑΒΔΟΠΟΥΛΑ	6290,59
350	GR4340014	SPA	ETHNIKOS DRYMOS SAMARIAS - FARAGGI TRYPITIS - PSILAFI - KOUSTOGERAKO	ΕΘΝΙΚΟΣ ΔΡΥΜΟΣ ΣΑΜΑΡΙΑΣ - ΦΑΡΑΓΓΙ ΤΡΥΠΙΤΗΣ - ΨΙΛΑΦΙ - ΚΟΥΣΤΟΓΕΡΑΚΟ	13949,00
351	GR4340015	SCI	PARALIA APO CHRYSOSKALITISSA MECHRI AKROTIRIO KRIOS	ΠΑΡΑΛΙΑ ΑΠΟ ΧΡΥΣΟΣΚΑΛΙΤΙΣΣΑ ΜΕΧΡΙ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟ ΚΡΙΟΣ	2202,49
352	GR4340016	SPA	METERIZIA AGIOS DIKAIOS - TSOUNARA - VITSILIA LEFKON OREON	ΜΕΤΕΡΙΖΙΑ ΑΓΙΟΣ ΔΙΚΑΙΟΣ - ΤΣΟΥΝΑΡΑ - ΒΙΤΣΙΛΙΑ ΛΕΥΚΩΝ ΟΡΕΩΝ	6874,00
353	GR4340017	SPA	XERSONISOS GRAMVOUSAS KAI NISIDES IMERI KAI AGRIA GRAMVOUSA, PONTIKONISI	ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΣ ΓΡΑΜΒΟΥΣΑΣ ΚΑΙ ΝΗΣΙΔΕΣ ΗΜΕΡΗ ΚΑΙ ΑΓΡΙΑ ΓΡΑΜΒΟΥΣΑ, ΠΟΝΤΙΚΟΝΗΣΙ	2806,00
354	GR4340018	SPA	NISIDA AGIOI THEODOROI	ΝΗΣΙΔΑ ΑΓΙΟΙ ΘΕΟΔΩΡΟΙ	81,00
355	GR4340019	SPA	FARAGGI KALLIKRATIS-ARGOYLIANO FARAGGI-OROPEDIO MANIKA	ΦΑΡΑΓΓΙ ΚΑΛΛΙΚΡΑΤΗΣ-ΑΡΓΟΥΛΙΑΝΟ ΦΑΡΑΓΓΙ-ΟΡΟΠΕΔΙΟ ΜΑΝΙΚΑ	4209,00
356	GR4340020	SPA	LIMNI AGHIAS (CHANIA)	ΛΙΜΝΗ ΑΓΙΑΣ (ΧΑΝΙΑ)	67,00
357	GR4340021	SPA	CHERSONISOS RODOPOU	ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΣ ΡΟΔΟΠΟΥ	2920,00
358	GR4340022	SPA	LIMNI KOURNA KAI EKVOLI ALMYROU	ΛΙΜΝΗ ΚΟΥΡΝΑ ΚΑΙ ΕΚΒΟΛΗ ΑΛΜΥΡΟΥ	200,00
359	GR4340023	SPA	NOTIODYTIKI GAVDOS KAI GAVDOPOULA	ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ ΓΑΥΔΟΣ ΚΑΙ ΓΑΥΔΟΠΟΥΛΑ	1564,00

Πιν. 6: *Σύστημα ταξινόμησης τύπων υγρότοπων Γραφείου Ραμσαρ που εγκρίθηκε την 4η Συνάντηση των Συμβαλλόμενων Μελών (Montreux 1990*). [13]



ΘΑΛΑΣΣΙΟΙ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΤΙΟΙ ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ

1. Μόνιμα θαλάσσια ύδατα βάθους μικρότερου των έξι μέτρων κατά τη ρηχία.
2. Υποπαλιρροϊκές υδρόβιες στρωμνές.
3. Κοραλλιογενείς ύφαλοι.
4. Βραχώδεις θαλάσσιες ακτές.
5. Αμμώδεις, χαλικώδεις και κροκαλώδεις παραλίες.
6. Εκβολικά δέλτα: τα μόνιμα ύδατα των εκβολών και τα εκβολικά συστήματα των δέλτα.
7. Διπαλιρροϊκά ιλυώδη, αμμώδη και αλατούχα πεδία.
8. Διπαλιρροϊκά έλη.
9. Διπαλιρροϊκοί δασωμένοι υγρότοποι.
10. Υφάλμυρες ως αλμυρές λιμνοθάλασσες με μία ή περισσότερες σχετικά στενές διόδους επικοινωνίας με τη θάλασσα.
11. Αβαθείς λίμνες και έλη γλυκού νερού της παράκτιας ζώνης.

ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ

1. Ποταμοί και ρυάκια με συνεχή ροή όλο το έτος.
2. Ποτάμοι και ρυάκια με ασυνεχή ροή (ρέουν μόνον ένα διάστημα του έτους, κάθε έτος ή ανά μερικά έτη).
3. Εσωτερικά δέλτα (μόνιμα).
4. Ποτάμιες πλημμυρογενείς πεδιάδες.
5. Μόνιμες λίμνες γλυκού νερού (μεγαλύτερες των 80 στρεμμάτων).
6. Εποχικές λίμνες γλυκού νερού (μεγαλύτερες των 80 στρεμμάτων). Λίμνες πλημμυρογενών πεδιάδων.
7. Μόνιμες και εποχικές υφάλμυρες, αλμυρές ή αλκαλικές λίμνες, πλημμυρογενή πεδία και έλη.
8. Μόνιμες λιμνούλες (ponds) γλυκού νερού (μικρότερες των 80 στρεμμάτων) και μόνιμα έλη γλυκού νερού με υπερβατική βλάστηση, των οποίων ο πυθμένας αποτελείται από ανόργανα υλικά.
9. Εποχικές λιμνούλες (ponds) γλυκού νερού (μικρότερες των 80 στρεμμάτων) και εποχικά έλη γλυκού νερού, των οποίων ο πυθμένας αποτελείται από ανόργανα υλικά.
10. Έλη με θάμνους. Έλη γλυκού νερού στα οποία κυριαρχεί θαμνώδης βλάστηση. Ο πυθμένας αποτελείται από ανόργανα υλικά.
11. Δάσος σε έλος γλυκού νερού. Εποχικώς κατακλυζόμενο δάσος, έλος με αραιό δενδρώνα (wooded swamp). Ο πυθμένας τους αποτελείται από ανόργανα υλικά.
12. Τυρφώδεις γαίες (τυρφώνες). Έλη με τυρφώδη πυθμένα, αποκλειστικώς ή μη ομβροδίαιτα, με θάμνους ή χωρίς θάμνους.
13. Δασωμένες τυρφώδεις γαίες (τυρφώνες), δάσος σε έλος με τυρφώδη πυθμένα.
14. Αλπικοί υγρότοποι και υγρότοποι τούνδρας.
15. Πηγές γλυκού νερού, οάσεις.
16. Γεωθερμικοί υγρότοποι.

ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ

1. Περιοχές αποθήκευσης νερού (ταμιευτήρες) που δημιουργούνται με φράγματα ή άλλο εμπόδιο της ροής νερού ή εκσκαφές.
2. Λιμνούλες αγροκτημάτων για άρδευση φυτών και εξασφάλιση νερού σε ζώα, καθώς και μικρές δεξαμενές (γενικά μικρότερες των 80 στρεμμάτων).
3. Λιμνούλες εδαποκαλλιεργειών.
4. Υγρότοποι από εκμετάλλευση αλατιού.
5. Υγρότοποι από εκσκαφές σε λατομεία και ορυχεία.
6. Υγρότοποι που δημιουργούνται για επεξεργασία λυμάτων.
7. Υγρότοποι αρδευόμενων γαιών (ορυζώνες, διώρυγες, τάφροι).
8. Εποχικώς κατακλυζόμενες καλλιεργούμενες γαίες.

3.3 Τύποι Υγρότοπων

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι ταξινόμησης των υγροτόπων σε τύπους [16], π.χ. ανάλογα με τη ρέουσα ή στάσιμη φύση των νερών, την αλατότητα του νερού, τη γειτνίασή τους με θάλασσα, το υπόστρωμά τους, με το αν είναι φυσικοί ή τεχνητοί κλπ.

Οι πολύ γενικές κατηγορίες στις οποίες συνηθίζεται να χωρίζονται οι υγρότοποι στην Ελλάδα είναι: **δέλτα**, **έλη**, **λίμνες**, **λιμνοθάλασσες**, **πηγές, εκβολές, ποταμοί, τεχνητές λίμνες.**

3.3.1 Δέλτα

Δέλτα ονομάζονται οι εκτάσεις που σχηματίζονται από τα στερεά υλικά που μεταφέρουν οι ποταμοί και τα εναποθέτουν στις εκβολές τους. Μολονότι όλοι οι ποταμοί μεταφέρουν στερεά υλικά, δεν έχουν όλοι τη δυνατότητα να σχηματίζουν δέλτα. Για να σχηματιστεί ένα δέλτα, πρέπει να υπάρχει ευνοϊκός συνδυασμός παραγόντων που σχετίζονται με τα γνωρίσματα του ποταμού, της λεκάνης απορροής του ποταμού και της θαλάσσιας ακτής καθώς και με τις βροχοπτώσεις κλπ. Δέλτα, για παράδειγμα, μπορεί να σχηματίσουν και ποταμοί που εκβάλλουν σε λίμνες.

Ανάλογα με τους παράγοντες και τις διεργασίες σχηματισμού τους, τα δέλτα μπορούν να διακριθούν σε διάφορους μορφοδυναμικούς τύπους: ακτινωτός, πέλματος πτηνού, λοβοειδής, τοξοειδής. Μία από τις αιτίες των διαφορών μεταξύ των δέλτα, ως προς τα οικοσυστήματα που αυτά φιλοξενούν, είναι οι διαφορές τους ως προς τον μορφοδυναμικό τύπο. Ένα δέλτα, παρόλο που συνηθίζεται να θεωρείται συνολικά υγρότοπος, στην πραγματικότητα αποτελείται από μωσαϊκό διαφόρων τύπων υγροτόπων αλλά και χερσαίων τοποθεσιών. Εάν θέλει κάποιος να ακριβολογήσει, τα δέλτα είναι ευρύτερες μονάδες τοπίου, οι οποίες περικλείουν επιμέρους τύπους υγροτόπων. Οι μονάδες αυτές έχουν προέλθει είτε από φυσικές διεργασίες είτε από αποξηράνσεις. Σε δέλτα μπορεί κάποιος να συναντήσει, εκτός από κοίτες ποταμών (τις περισσότερες φορές διευθετημένες–εγκιβωτισμένες), λιμνοθάλασσες, παράκτια αλοέλη (δηλαδή αλμυρά έλη), υγρολίβαδα, παρόχθια δάση και παρόχθιους θαμνώνες, αλυκές, ορυζώνες, στραγγιστικές τάφρους, αρδευτικές διώρυγες κλπ. που δεν έχουν πάντα σαφώς διακριτά όρια, και, όπως ήδη αναφέραμε, αποτελούν μωσαϊκό. Αυτή ακριβώς η εν είδει μωσαϊκού χωροδιάταξη των οικοσυστημάτων και η ποικιλότητά τους καθιστά τα δέλτα ιδιαιτέρως ενδιαφέροντα από άποψη μελέτης, χαρτογράφησης, χωρισμού σε επιμέρους διαχειριστικές ενότητες και λήψης μέτρων διαχείρισης. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μονάδων ενός δέλτα οφείλονται κυρίως στους παράγοντες υδατικό καθεστώς και ορνιθοπανίδα.

Το νερό στις διάφορες τοποθεσίες ενός δέλτα μπορεί να είναι γλυκό, υφάλμυρο ή αλμυρό. Η αλατότητα κυμαίνεται από έτος σε έτος και από εποχή σε εποχή του έτους.

Τα οικοσυστήματα των ελληνικών δέλτα καταπονούνται από την έλλειψη ικανής ποσότητας γλυκού νερού κατά το θέρος, διότι το γλυκό νερό των ποταμών οδηγείται στα αρδευτικά δίκτυα. Ουσιαστικά έχει σχεδόν διακοπεί η φυσική διεργασία του εμπλουτισμού των δελταϊκών πεδιάδων με θρεπτικά στοιχεία, τα οποία μετέφερε στις πεδιάδες αυτές κάθε έτος το πλημμυρικό νερό των ποταμών. Η καταπόνηση μπορεί να μειωθεί αισθητά με την εφαρμογή σύγχρονων προσεγγίσεων που αποσκοπούν στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των αρδεύσεων.

3.3.2 Έλη

Έλη είναι πολύ ρηχές υδατοσυλλογές με μόνιμη ή περιοδική κατάκλυση νερού (συνήθως περιοδική). Οι ελώδεις εκτάσεις της Ελλάδος καλύπτουν σήμερα ελάχιστο ποσοστό εκείνων που υπήρχαν πριν από τις μεγάλες αποξηράνσεις της δεκαετίας του 1920 και μετέπειτα. Τα έλη (και τα συνώνυμά τους τέλματα και βάλτοι) έχουν συνδεθεί επί εκατοντάδες ή και χιλιάδες χρόνια με κάτι ανθυγιεινό, δυσάρεστο και επικίνδυνο (ελονοσία, ελώδης πυρετός, «βάλτωσε η προσπάθεια», «φτάσαμε σε τέλμα» κλπ.). Στην καλύτερη περίπτωση θεωρούνταν ως άχρηστοι τόποι για τους οποίους η σωστότερη διαχείριση ήταν η αποξήρανση. Πράγματι τα έλη, πριν από την ευρεία εφαρμογή του εντομοκτόνου DDT στα τέλη της δεκαετίας του 1940, ευθύνονται για τη μάστιγα της ελονοσίας. Η εχθρική αυτή στάση έναντι των ελών στην Ελλάδα συνεχίστηκε

αμείωτη έως τα τέλη της δεκαετίας του 1970. Για παράδειγμα, το 1978 οι αρμόδιες αρχές είχαν δημοσιοποιήσει με υπερηφάνεια την απόφασή τους να αποξηράνουν όλα τα παράκτια έλη της Χαλκιδικής προς όφελος του τουρισμού.

Σήμερα τα έλη που μας απέμειναν προστατεύονται από εθνικές, ευρωπαϊκές και διεθνείς κανονιστικές πράξεις ως πολύτιμα υγροτοπικά οικοσυστήματα με μεγάλη ποικιλότητα ειδών. Οι αντιλήψεις της ελληνικής κοινωνίας αλλάζουν. Για παράδειγμα, οι κάτοικοι της Νέας Φώκαιας Χαλκιδικής κατάφεραν το 1999 να αποτρέψουν την αποξήρανση του ομώνυμου παράκτιου έλους ύστερα από επίμονους αγώνες.

Τα έλη μπορούν να χωριστούν σε παράκτια και εσωτερικά. Τα παράκτια χωρίζονται σε υφάλμυρα και αλμυρά (αλοέλη). Η αλατότητα του νερού των αλοελών μπορεί το θέρος να υπερβαίνει εκείνη του νερού της θάλασσας. Τα αλμυρά και υφάλμυρα έλη βρίσκονται ως επί το πλείστον δίπλα σε λιμνοθάλασσες και φιλοξενούν είδη φυτών προσαρμοσμένων σε συνθήκες υψηλής αλατότητας (αλόφυτα), όπως αυτά του γένους Salicornia. Η αλοφυτική βλάστηση παρουσιάζει εντυπωσιακή ζώνωση σε πολλά έλη όπως στο παράκτιο έλος του Αγίου Μάμα Χαλκιδικής. Πολλά έλη γλυκού νερού σχηματίζονται στη συμβολή δύο ρεουσών υδατοσυλλογών και δίπλα από εσωτερικές λίμνες γλυκού νερού.

3.3.3 Λίμνες

Αντίθετα με τα έλη οι ελληνικές λίμνες ήταν πάντα τόποι αγαπητοί εξαιτίας της υψηλής οικονομικής σημασίας τους: αλιεύματα, πόσιμο και αρδευτικό νερό, ηπιότερο κλίμα. Τα πολύ παλιά χρόνια κτίζονταν και κατοικίες μέσα σε λίμνες (στηριζόμενες σε ξύλινους πασσάλους μπηγμένους στον πυθμένα) για προστασία απέναντι σε άγρια ζώα, εύκολη αλιεία κλπ.

Οι περισσότερες λίμνες είναι λίμνες γλυκού νερού και σχηματίζονται κατά το πλείστον μακριά από τις ακτές της θάλασσας ως αποτέλεσμα τεκτονικών ή ηφαιστειακών δυνάμεων ή από τη δράση των παγετώνων. Λιμνοθάλασσες μπορούν να μετατραπούν σε λίμνες γλυκού νερού, όταν για κάποιο λόγο διακοπεί η εισροή αλμυρού νερού από τη θάλασσα και υπάρχει ικανοποιητική εισροή γλυκού νερού από ρέουσες υδατοσυλλογές. Υπάρχουν και λίμνες με αλμυρό ή υφάλμυρο νερό, όταν το υπόστρωμά τους περιέχει πολλά διαλυτά άλατα ή όταν δέχονται εισροές αλμυρού νερού. Η λίμνη Βιστονίδα συνιστά ειδική περίπτωση από την άποψη ότι δέχεται εισροή γλυκού νερού από τη χέρσο (μέσω ποταμών και χειμάρρων) και αλμυρού νερού από τη θάλασσα με αποτέλεσμα να παρατηρείται διαβάθμιση της αλατότητας του νερού της από βορρά (χέρσος) προς νότο (Θρακικό πέλαγος). Από τις πρώτες φροντίδες του φορέα διαχείρισης αυτής της προστατευόμενης περιοχής εικάζεται ότι θα είναι η αντιμετώπιση της προϊούσας ύψωσης της αλατότητας από νότο προς βορρά, η οποία οφείλεται στα έργα που κατασκευάστηκαν στους εισρέοντες χειμάρρους και ποταμούς. Το πρόβλημα δεν είναι απλό διότι, σύμφωνα με κάποια εικασία, οι χείμαρροι και οι ποταμοί λόγω της απόθεσης φερτών υλικών θα προκαλέσουν στο μέλλον χωρισμό της Βιστονίδας στα δύο. Όμοια εικασία έχει γίνει και για τις λίμνες Βόλβη και Καστοριάς.

Οι λίμνες θεωρούνται ότι έχουν πεπερασμένη διάρκεια ζωής ακόμη και όταν μένουν ελεύθερες από κάθε ανθρώπινη κακομεταχείριση. Έλληνες επιστήμονες από διάφορους χώρους (π.χ. Τμήμα Διαχείρισης Φυσικού Περιβάλλοντος του ΥΠΕΧΩΔΕ, Πανεπιστήμιο Πατρών, ΕΚΒΥ) έχουν επισημάνει την ανάγκη μελέτης της εξελικτικής πορείας των λιμνών μας. Ως εκ τούτου είναι εύλογο το θέμα αυτό να απασχολήσει μεσοπρόθεσμα τους φορείς διαχείρισης που έχουν την ευθύνη για λιμναίους υγροτόπους.

3.3.4 Λιμνοθάλασσες

Λιμνοθάλασσες είναι αβαθείς παράκτιες υδατοσυλλογές που επικοινωνούν με τη θάλασσα μέσω ενός, συνήθως, διαύλου. Ευνοϊκές συνθήκες σχηματισμού τους είναι οι εξής: επίπεδες και αμμώδεις ακτές, εκβολή ποταμού και κατάλληλη δράση των θαλάσσιων ρευμάτων.

Το νερό των λιμνοθαλασσών προέρχεται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, από ποταμούς ή χειμάρρους και από τη θάλασσα. Πρόκειται για εξαιρετικώς δυναμικά συστήματα.

Οι υδρολογικές συνθήκες και η αλατότητα του νερού μεταβάλλονται ταχύτατα. Μεταβολές, αλλά βραδύτερες, υφίσταται και η γεωμορφολογία τους.

Οι λιμνοθάλασσες θεωρούνται από τα πιο παραγωγικά οικοσυστήματα σε ψάρια υψηλής εμπορικής αξίας. Επιτελούν σε υψηλό βαθμό πολλές φυσικές λειτουργίες και ιδίως τη λειτουργία της εξαγωγής τροφής (στη γειτονική θαλάσσια ζώνη).

Οποιαδήποτε, έστω και μικρή, ανθρώπινη παρέμβαση στις λιμνοθάλασσες μπορεί να έχει δυσανάλογα μεγάλες συνέπειες στην ισορροπία τους ως προς την υδρολογία, την αλατότητα και τη βιωτή τους. Ως εκ τούτου η μελέτη των παραγόντων αυτών προκειμένου να εκπονηθεί το σχέδιο διαχείρισής τους πρέπει να βασίζεται, ει δυνατόν, σε πολυετή δεδομένα. Επίσης η παρακολούθηση των απαραίτητων γνωρισμάτων τους πρέπει να γίνεται σε πυκνά χρονικά διαστήματα, ιδίως κατά τα πρώτα έτη εφαρμογής του διαχειριστικού σχεδίου.

3.3.5 Πηγές

Πηγές καλούνται οι τοποθεσίες από τις οποίες συμβαίνει ελεύθερη εκροή υπόγειου νερού. Συνήθως στην Ελλάδα οι τοποθεσίες αυτές έχουν εμβαδόν πολύ λίγων τετραγωνικών μέτρων και, σπανιότερα, μερικών εκατοντάδων τετραγωνικών μέτρων. Πρέπει να τονιστεί όμως ότι στην οικολογία των υγροτόπων με τον όρο πηγή υποδηλώνεται όχι απλώς ο τόπος από όπου αναβλύζει νερό αλλά όλο το υγροτοπικό οικοσύστημα, του οποίου η δημιουργία και η διατήρηση οφείλεται σε αυτό το αναβλύζον, το πηγαίο νερό.

Τα οικοσυστήματα των πηγών είναι από τα σπανιότερα στην Ελλάδα και συνολικά καλύπτουν ελάχιστη έκταση. Αυτό οφείλεται τόσο στη σχετική σπανιότητα των τοποθεσιών από όπου αναβλύζουν υπόγεια νερά αξιόλογου όγκου όσο και στο γεγονός ότι τα πηγαία νερά είναι γενικά υψηλής ποιότητας, οπότε χρησιμοποιούνται κατά προτεραιότητα ως πόσιμα. Εντούτοις υπάρχουν ακόμη πολύτιμα οικοσυστήματα πηγών που διατηρούνται παρά τη μείωσή τους σε έκταση και τις αλλοιώσεις που έχουν υποστεί από τεχνικά έργα (υδρευτικά, τουριστικά).

Μια ιδιαίτερη κατηγορία πηγών είναι οι θερμοπηγές. Το νερό πολλών θερμοπηγών χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων ή για ιαματικούς σκοπούς.

3.3.6 Εκβολές

Το χαμηλότερο και πιο διαπλατυσμένο τμήμα της κοίτης ενός ποταμού, εκεί όπου συμβαίνει μείξη του ποτάμιου νερού με το θαλασσινό ονομάζεται εκβολή, ή συνηθέστερα εκβολές. Ο ορισμός όμως αυτός δεν είναι ούτε εντελώς σαφής ούτε αποδεκτός σε όλες τις χώρες. Μείξη δεν συμβαίνει μόνο μέσα στην κοίτη του ποταμού αλλά και στην αμέσως γειτονική παραλιακή θαλάσσια ζώνη, άρα και αυτή η ζώνη πρέπει λογικά να περιλαμβάνεται στον όρο εκβολή. Ας σημειωθεί ότι στις ακτές της Μεσογείου, σε αντίθεση με τις ακτές που βρέχονται από τον Ατλαντικό, οι παλίρροιες είναι αδύναμες, οπότε ελάχιστο ρόλο παίζουν στη ρύθμιση της μείξης γλυκού και θαλάσσιου νερού και στη δημιουργία εκβολικών οικοσυστημάτων.

Η κατανομή της αλατότητας σε μια εκβολή επηρεάζεται από παράγοντες όπως η ροή του ποταμού, ο πυθμένας και το σχήμα της εκβολής, η εξάτμιση, ο άνεμος.

Οι επιστήμονες που ασχολούνται με την ανάπτυξη ενιαίας μεθόδου απογραφής και χαρτογράφησης των υγροτόπων όλης της Μεσογείου δεν έχουν ακόμη καταλήξει σε τελικά συμπεράσματα. Αυτό που έχει σημασία είναι ότι το κύριο γνώρισμα που είναι υπεύθυνο για την ιδιαιτερότητα των εκβολικών οικοσυστημάτων είναι η ανάμειξη γλυκού νερού στον χώρο και στον χρόνο. Από την άποψη αυτή υπάρχουν μεγάλες ομοιότητες μεταξύ εκβολών και λιμνοθαλασσών με κύρια διαφορά ότι στις εκβολές η επικοινωνία με τη θάλασσα είναι πιο ελεύθερη. Υπάρχει και η γνώμη ότι οι λιμνοθάλασσες και οι εκβολές πρέπει να αποτελούν ενιαία κατηγορία υγροτόπων.

3.3.7 Ποταμοί

Ποταμός είναι μια επιμήκης υδατοσυλλογή με τρεχούμενο νερό, το οποίο ρέει προς τα κατάντη με τη βαρύτητα. Υπάρχουν ποταμοί με συνεχή ροή και άλλοι με περιοδική ροή.

Στις ξηρές και ημίξηρες περιοχές συναντά κανείς πολλούς ποταμούς με περιοδική ροή, και μάλιστα εντελώς ακανόνιστη, ιδίως όταν το υπόστρωμά τους αποτελείται από ασβεστολιθικά υλικά.

Οι όροι ποταμός και ρυάκι δεν είναι σαφώς διαχωρισμένοι, διότι σε περιοχές με λίγες βροχοπτώσεις ο όρος ποταμός αποδίδεται και σε ρέουσες υδατοσυλλογές με στενή κοίτη και μικρή παροχή. Για παράδειγμα, η ρέουσα υδατοσυλλογή που διασχίζει το χωριό Άγιος Γερμανός της περιοχής Πρεσπών ονομάζεται ποταμός, ενώ αν συγκριθεί με τους ποταμούς Αχελώο, Αξιό, Στρυμόνα κλπ. θα μπορούσε να χαρακτηριστεί απλώς ως ρυάκι.

Το νερό των ποταμών προέρχεται κυρίως απευθείας από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και από την επιφανειακή απορροή. Υπάρχουν περιπτώσεις τροφοδοσίας ποταμών και με υπόγεια νερά ή με νερό λιμνών.

Οι κύριοι φυσικοί παράγοντες που ρυθμίζουν την ποιότητα του νερού ενός ποταμού είναι η φύση της κοίτης του και της λεκάνης απορροής του (τύποι και κλίσεις εδαφών, μορφές κάλυψης γης) και το καθεστώς των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Ως εκ τούτου η ποιότητα διαφέρει πολύ από εποχή σε εποχή και κατά μήκος της κοίτης. Για παράδειγμα, η διαύγεια του νερού μπορεί να μειωθεί δραστικά λίγες ώρες ύστερα από μια καταρρακτώδη βροχή που δέχτηκε η λεκάνη απορροής του.

Μεγάλοι πολιτισμοί σε όλο τον κόσμο γεννήθηκαν δίπλα σε ποταμούς. Πολλοί ποταμοί έχουν θεοποιηθεί. Τεράστιες και αναγνωρισμένες από τα πανάρχαια χρόνια είναι οι οικονομικές αξίες τους: υδρευτική, αρδευτική, μεταφορική. Εντονότατες και οι ανθρώπινες παρεμβάσεις που δέχθηκαν: μετατόπιση κοίτης, εκβαθύνσεις, εγκιβωτισμός κοίτης, φράγματα, λιμάνια, εισροή λυμάτων. Η αναγνώριση όμως όλων των αξιών των ποταμών έχει ιστορία λίγων αιώνων (ιδιαίτερα του 20ου αιώνα). Η μελέτη των ποτάμιων μορφών ζωής και της θεώρησης των ποταμών ως οικοσυστημάτων έχει ακόμη πιο πρόσφατη ιστορία.

Ποτάμια οικοσυστήματα, υπό τη στενή έννοια, είναι εκείνα των οποίων οι οργανισμοί είναι προσαρμοσμένοι σε συνθήκες συνεχούς ροής του νερού. Συχνά, όμως, τα ποτάμια οικοσυστήματα εξετάζονται από κοινού με τα παραποτάμια, δηλαδή, με εκείνα των οποίων το υδατικό καθεστώς του εδάφους τους εξαρτάται, κατ' εξοχή από το ποτάμιο νερό (εποχική υπερχείλιση, πλάγια διήθηση).

Για λίγους ποταμούς της Ελλάδας υπάρχουν φορείς διαχείρισης προστατευόμενων περιοχών που έχουν στην αρμοδιότητά τους όλο το μήκος της κοίτης και τη λεκάνη απορροής τους. Το γεγονός αυτό, καθώς και το ότι υπάρχουν σπουδαίοι ποταμοί στη βόρεια Ελλάδα που είναι διασυνοριακοί, επιβάλλει την ευρεία συνεργασία σε διεθνές επίπεδο. Η Οδηγία 2000/60/ΕΕ επιβάλλει ευρύτερη θεώρηση της διαχείρισης των ποτάμιων οικοσυστημάτων με βάση το υδατικό διαμέρισμα.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει ορίσει επιστημονικό πλαίσιο για την παρακολούθηση της οικολογικής ποιότητας των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, το οποίο στην περίπτωση των ποτάμιων υδάτων παρουσιάζει ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες βιολογικές πλευρές. Η εφαρμογή του πλαισίου αυτού απαιτεί περισσότερους εξειδικευμένους επιστήμονες από όσους υπάρχουν σήμερα στην Ελλάδα.

3.3.8 Τεχνητές λίμνες

Οι τεχνητές λίμνες είναι η σπουδαιότερη κατηγορία τεχνητών υγροτόπων της Ελλάδος τόσο από την άποψη της έκτασης που καλύπτουν όσο και από την άποψη του αριθμού και των αξιών που έχουν αποκτήσει. Ονομάζονται και τεχνητοί ταμιευτήρες. Η λέξη ταμιευτήρας δείχνει και τους περιορισμένους αρχικά σκοπούς που είχαν τεθεί κατά τον σχεδιασμό και τη διαχείρισή τους. Οι σκοποί αυτοί ήταν να αποταμιεύσουν νερό ποταμών, ρυακιών ή και χειμάρρων ώστε να

αποκτήσουν οι ταμιευτήρες αξία αντιπλημμυρική, υδρευτική, αρδευτική, υδροηλεκτρική ή, συνηθέστερα, συνδυασμό αυτών των αξιών. Το γεγονός ότι οι περισσότερες τεχνητές λίμνες στηρίζουν λιγότερο ή περισσότερο πολύτιμα υγροτοπικά οικοσυστήματα και έχουν αποκτήσει με την πάροδο του χρόνου και άλλες αξίες, π.χ. βιολογική, αλιευτική, αναψυχής, δεν ήταν απόρροια ηθελημένου σχεδιασμού αλλά «παρέμβασης» της φύσης.

Η κατασκευή τεχνητών λιμνών με φράγματα σε ποταμούς είχε ως αποτέλεσμα να προστεθούν οικοσυστήματα στο ελληνικό υγροτοπικό κεφάλαιο αλλά και να υποστούν αλλοιώσεις κατάντη οικοσυστήματα (ποτάμια, παραποτάμια, εκβολικά κλπ.).

Οι τεχνητές λίμνες είναι εφοδιασμένες με κατασκευές (θυρίδες, αναχώματα), μέσω των οποίων ρυθμίζεται η στάθμη του νερού τους για να εξυπηρετούνται οι ανάγκες για τις οποίες έχουν κατασκευαστεί. Σήμερα στις ανάγκες αυτές περιλαμβάνεται και η ανάγκη να διατηρούνται τα υγροτοπικά οικοσυστήματα που οι τεχνητές λίμνες συντηρούν. Προφανώς, όπως δείχνει το παράδειγμα της Τεχνητής Λίμνης Κερκίνης, η πλήρης ικανοποίηση όλων των αναγκών των ανθρώπων και της φύσης είναι αδύνατη. Μια ισορροπημένη ικανοποίηση αυτών των αναγκών μπορεί να επιτύχει ο αρμόδιος φορέας διαχείρισης. Η επιτυχία είναι θέμα αρμονικής συνεργασίας όλων των χρηστών και επίλυσης του σοβαρού προβλήματος της αυξανόμενης εναπόθεσης φερτών υλικών στον πυθμένα.

Πίνακας. 7. *Τύπος, αριθμός ανά τύπο και εμβαδόν των υγροτόπων της Ελλάδος [15]*

ΤΥΠΟΣ ΥΓΡΟΤΟΠΟΥ	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΝΑ ΤΥΠΟ**	**% ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ**	**ΕΜΒΑΔΟΝ (στρ.)**	**% ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΕΜΒΑΔΟΥ**	**ΜΗΚΟΣ (km)**
δέλτα	12	3,2	680.300	33,58	-
έλη	75	19,8	58.326	2,88	-
λίμνες	56	14,8	597.673	29,50	-
λιμνοθάλασσες	60	15,9	287.665	14,20	-
πηγές	17	4,5	1331	0,06	-
εκβολές	42	11,1	42.646	2,10	-
τεχνητές λίμνες	25	6,6	358.235	17,68	-
ποταμοί	91	24,1	-	-	4.268
ΣΥΝΟΛΟ	**378**	**100,0**	**2.026.176**	**100,0**	**4.268**

3.4 Οι Υγρότοποι της Κρήτης

Φυσικοί υγρότοποι

Σημερινή κατάσταση

Η μικρή ως πολύ μικρή έκταση χαρακτηρίζει τους περισσότερους φυσικούς υγρότοπους στην Κρήτη [16]. Όμως συχνά σ' αυτόν τον πολύ μικρό χώρο συνευρίσκονται ποικίλα μικροπεριβάλλοντα που συγκροτούν σημαντικούς οικότοπους. Κάποιοι από αυτούς (καλαμιώνες, μεσογειακά εποχιακά τέλματα κ.α.) έχουν χαρακτηριστεί οικότοποι προτεραιότητας για προστασία από την οδηγία 92/43/. [17]

Επιπλέον η σημασία τους αναδεικνύεται περαιτέρω αν τους δούμε σαν ενιαίο σύνολο. Αν δηλαδή τους εντάξουμε σε ένα μωσαϊκό αλληλοεξαρτώμενων και συγκοινωνούντων βιότοπων που ανταλλάζουν πληροφορίες αβιοτικού και βιοτικού χαρακτήρα. Ιδιαίτερα οι υγρότοποι του νησιού είναι σημαντικοί για τα μεταναστευτικά πουλιά βρισκόμενοι σε κομβικό σημείο στον άξονα Βορρά - Νότου μεταξύ εκτεταμένων θαλάσσιων περιοχών, ιδιαίτερα προς το νότο όπου επιπλέον βρίσκεται και η έρημος Σαχάρα. [18]

Ωστόσο τα τελευταία χρόνια οι υγρότοποι της Κρήτης δέχονται αυξημένη όχληση. Μια σειρά από επεμβάσεις, κυρίως σε παράκτιες περιοχές, συνετέλεσαν στον περιορισμό της έκτασης τους, τη μείωση της βιοποικιλότητας και, ειδικά για τα πουλιά, την αριθμητική μείωση σε άτομα και είδη για αυτά που παλιότερα φώλιαζαν, διαχείμαζαν ή στάθμευαν κατά τις μεταναστεύσεις τους. Θεωρείται ότι πάνω από το 50% των υγρών ζωνών του νησιού έχουν εξαφανιστεί από το 1950 εποχή που πολλοί υγρότοποι αποξηράνθηκαν για να γίνουν χωράφια ή για να απαλειφθεί ο κίνδυνος επιδημιών.

Οι σύγχρονες απειλές σχετίζονται με μπαζώματα για επέκταση καλλιεργειών, ανέγερση παραθεριστικών κατοικιών και τουριστικών καταλυμάτων, ρύπανση από αστικά ή γεωργικά λύματα και ιδιαίτερα τα απόβλητα από τα ελαιουργεία. Από την άλλη πλευρά η φυσική τους ομορφιά, η σπάνια χλωρίδα και πανίδα έλκει πολλούς επισκέπτες, κυρίως παρατηρητές πουλιών. .διαχειριστικά σχέδια έχουν εκπονηθεί μόνο για 4 από αυτούς αλλά κανένα δεν έχει ως τώρα εφαρμοστεί. Τέλος τρεις υγρότοποι, (Αγιά Χανίων, Κουρνάς- Γεωργιούπολη και Γεροπόταμος Μεσσαράς) αξιολογήθηκαν σε πρόσφατη εργασία του WWF Ελλάς . [19]

3.5 Πόσοι είναι οι υγρότοποι της Κρήτης;

Ο ακριβής αριθμός των φυσικών υγροτόπων της Κρήτης δεν είναι επίσημα καταγραμμένος. Έχουν απογραφεί περισσότεροι από 150 με έκταση μεγαλύτερη του ενός εκταρίου. Να σημειωθεί ότι κατά την απογραφή του Ελληνικού Κέντρου Βιοτόπων - Υγροτόπων (ΕΚΒΥ) αναφέρονται για την Κρήτη 37 υγρότοποι και παρέχονται στοιχεία για 17 από αυτούς [20] ενώ μια πρώτη καταγραφή των κυριοτέρων από το ΜΦΙΚ έφθασε τους 59 [21]. Οι σημαντικότεροι φυσικοί υγρότοποι της Κρήτης μαζί με τους ως τώρα υπάρχοντες τεχνητούς αλλά και τους υπό κατασκευή ή σχεδιασμό ταμιευτήρες δίνονται στην Εικόνα 9 όπου φαίνεται και η κατανομή τους. Η δυτική Κρήτη είναι πλουσιότερη σε φυσικούς υγροτόπους ενώ οι περισσότεροι τεχνητοί βρίσκονται στο νομό Ηρακλείου.

3.6 Τεχνητοί Υγρότοποι

Φράγματα

Η κατασκευή φραγμάτων [22] στην Κρήτη ξεκίνησε τη δεκαετία του 1920 με το υδροηλεκτρικό φράγμα της Αγιάς Χανίων. Για αρκετά χρόνια ήταν η μοναδική τεχνητή (εν μέρει) λίμνη στην Κρήτη και έγινε γνωστή κατά τη διάρκεια του δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου ως πολύ σημαντικός χειμωνιάτικος σταθμός για τα υδρόβια πουλιά.

Αργότερα, κυρίως τις δεκαετίες 60-70 κατασκευάστηκαν διάφορα μικρότερα (Φανερωμένη, Γιόφυρος, Πλακιώτισσα κα) που ουδέποτε αποτέλεσαν αντικείμενο μελέτης για τη βιοποικιλότητα. Η κατασκευή του φράγματος Γεωργιούπολης από τη ΔΕΗ αντίθετα προσέλκυσε την ορνιθοπανίδα και υπήρξαν περιορισμένες αναφορές ενδεικτικές της αξίας της.

Η κατασκευή φραγμάτων για άρδευση καλλιεργειών ξεκίνησε μόλις τη δεκαετία του 1980 με το φράγμα Μπραμιανών Ιεράπετρας. Η φραγμολίμνη που δημιουργήθηκε αποτελεί σήμερα τη μεγαλύτερη επιφάνεια ελεύθερου νερού στην Κρήτη. Μερικά ακόμη μικρότερα κατασκευάστηκανμετά το 1990 και αρκετά βρίσκονται υπό κατασκευή ή σε προγραμματισμό.

Οι περισσότεροι υγρότοποι της Κρήτης έχουν υποβαθμιστεί και αλλοιωθεί από ανθρώπινες δραστηριότητες και ρύπανση όπως: αμμοληψίες, επιχωματώσεις, κατασκευή η επέκταση οδικού δικτύου, ίδρυση νέων οικισμών ή επέκταση παλαιών και αγροτικών καλλιεργειών, παράνομο ή αλόγιστο κυνήγι, βόσκηση υγρά απόβλητα οικισμών, στερεά απόβλητα οικισμών, υγρά απόβλητα βιοτεχνιών, γεωργικές δραστηριότητες κ.λ.π. Οι σπουδαιότεροι υγρότοποι της Κρήτης είναι:

- Τεχνητή Λίμνη Αγιάς
- Έλος Γεωργιούπολης
- Λίμνη Κουρνά
- Έλος Σισών
- Ποταμός Κουρταλιώτης
- Εκβολή Λίμνης Πρεβέλης
- Τεχνητή Λίμνη Αλμυρού
- Εκβολή Γιόφυρου
- Εκβολή Αποσελέμη
- Ποταμός Γεροπόταμος, Εκβολή Γεροπόταμου
- Λιμνοθάλασσα Αλυκής Ελούντας
- Πηγή Αλμυρού
- Έλος Φοινικοδάσους Βάι
- Λιμνοθάλασσα Ξηρόκαμπου Ζήρου

Εικ9. *Κύριοι Υγρότοποι στην Κρήτη*. [22]

3.6.1 Λίμνη Πρέβελης

Η λίμνη Πρέβελη βρίσκεται [22] στις εκβολές του ποταμού Κουρταλιώτη στο Λυβικό πέλαγος. Τύπος υγρότοπου:

Τύπος Υγρότοπου: Παράκτια μονίμως κατακλυσμένη λίμνη γλυκού νερού.

Γνωρίσματα: Στενό φαράγγι με υψηλά και απότομα πρανή. Προς το μέρος της θάλασσας το νερό συγκεντρώνεται σχηματίζοντας μικρή λίμνη εξαιτίας τη δημιουργίας αμμοθινών που φράζουν την εκβολή του ποταμού. Βλάστηση: αμμοθινών και αμμωδών ακτών, καλαμώνων, παρυδάτια δενδρώδης βλάστηση, φρύγανα και θαμνώνες αείφυλλων και πλατύφυλλων.

Πανίδα: αμφίβια, ερπετά,, πτηνά.

Σημερινές αξίες: Επιστημονική, πολιτιστική, αναψυχής, εκπαιδευτική, θηραματική, τουριστική,. Αίτια αλλοιώσεων, ρύποι: Ίδρυση νέων τουριστικών εγκαταστάσεων ή επέκταση παλαιών, παράνομο ή αλόγιστο κυνήγι, υγρά απόβλητα βιοτεχνιών – μεταποιητικών επιχειρήσεων, απόβλητα τουριστικών εγκαταστάσεων

Σπουδαιότερες θετικές ενέργειες: αναφέρεται σε διεθνείς – ευρωπαϊκούς καταλόγους βιοτόπων –υγροτόπων (Corine Biotopes), οικολογικές μελέτες και έρευνες.

3.6.2 Λίμνη Κουρνά

Η λίμνη Κουρνά [22] βρίσκεται στο Νομό Χανίων 0,2 km δυτικά της Κοινότητας Μουρί.

Τύπος Υγρότοπου: Εσωτερική μονίμως κατακλυσμένη ,λίμνη γλυκού νερού.

Γνωρίσματα: Καρστική λίμνη, βάθους 25 περίπου m με μικρό φράγμα στο Β τμήμα της. Ο πυθμένας και οι ανατολικές παρυφές αποτελούνται από νεογενή πετρώματα κυρίως μάργες, ενώ οι δυτικές παρυφές από σκληρούς ασβεστόλιθους. Η τροφοδοσία της λίμνης γίνεται από επιφανειακές απορροές, αλλά κυρίως από υπόγειες πηγές. Διαφυγές νερού γίνονται στις Δ. και ΒΔ παρυφές της λίμνης. Βλάστηση: Υδροφυτική, καλαμώνων, παρυδάτια δενδρώδης, θάμνοι αείφυλλων πλατύφυλλων και δάση πλατύφυλλων φυλλοβόλων.

Πανίδα: Αμφίβια, Ερπετά, Πτηνά, Θηλαστικά.

Σημερινές Λειτουργίες: Αρδευτική, Επιστημονική, Αναψυχής, Εκπαιδευτική, Τουριστική.

Αίτια αλλοιώσεων: ρύποι,ίδρυση νέων οικισμών ή επέκταση παλαιών. Υπεραντλήσεις. Επέκταση αγροτικών καλλιεργειών. Υγρά απόβλητα οικισμών, στερεά απόβλητα, απόβλητα τουριστικών εγκαταστάσεων.

Θετικές ενέργειες: Σημαντικές για την ορνιθοπανίδα ICBP-IWRB, CORINE.

3.6.3 Εκβολές Αποσελέμη

Οι εκβολές Αποσελέμη βρίσκονται [22] στο νομό Ηρακλείου, 3 km ΒΑ της Κοινότητας Γουβών. Είναι παράκτιο, μονίμως κατακλυσμένο έλος αλμυρού –υφάλμυρου νερού και έχει εμβαδόν 100 στρέμματα.

Γνωρίσματα: Η παροχή του ποταμού στην εκβολή εμφανίζει μικρές τιμές καθ'όλη την διάρκεια του έτους, κυρίως λόγω αντλήσεων ανάντη. Εάν κατασκευασθεί το φράγμα Αποσελέμη η υποβάθμιση και η καταστροφή του είναι δεδομένη. Παλαιότερα, μπροστά από την εκβολή σχηματίζονταν λουρονησίδες, ενώ σήμερα υπάρχει μπάζωμα από σκουπίδια σε μεγάλη έκταση.

Βλάστηση: Αλοφυτική – ημιαλοφυτική βλάστηση, καλάμωνες, θαμώνες.

Πανίδα: Παλαιότερα υπήρχαν πάπιες όλων των ειδών και σπάνια κυρίως αποδημητικά πτηνά, τα οποία με την αποξήρανση της λίμνης εξαφανίστηκαν.

Σημερινές Λειτουργίες: Αμμολιπτική, επιστημονική, χώρος αναψυχής, κτηνοτροφική, Θηραματική, τουριστική. Αίτια αλλοιώσεων, ρύπανση: Επιχωματώσεις, αμμοληψίες, κατασκευή ή επέκταση οδικού δικτύου, ίδρυση νέων οικισμών ή επέκταση παλιών, ίδρυση νέων τουριστικών εγκαταστάσεων η επέκταση παλαιών, επέκταση αγροτικών καλλιεργειών, παράνομο ή αλόγιστο κυνήγι. Υγρά απόβλητα οικισμών, στερεά απόβλητα οικισμών. Το κυριότερο όμως πρόβλημα είναι το μπάζωμα της λίμνης και η κατασκευή γηπέδου ποδοσφαίρου επί αυτής. Παρά τις προσπάθειες του Γραφείου Περιβάλλοντος της Ν.Α και του ΥΠΕΧΩΔΕ που διέθεσε χρήματα για οριοθέτηση και περίφραξη του χώρου και Δήμος δεν βοήθησε τελικά στην

αποφυγή της υποβάθμισης της περιοχής, δημιουργώντας έτσι ανεπανόρθωτη ζημιά στον υγρότοπο.

3.6.4 Λίμνη Αγία

Η ημιφυσική λίμνη της Αγιάς Χανίων ήταν ένας σχετικά άγνωστος και υποτιμημένος ως προς τη σημασία της για τη βιοποικιλότητα υγρότοπος μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1990. Παρά τις ενδείξεις από την δεκαετία του 1940 η σημασία της υποτιμήθηκε ακόμα και σε έρευνες πανεπιστημιακών φορέων [23]. Αιτία ήταν η διαχείριση της και ιδιαίτερα η πίεση από νόμιμο και παράνομο κυνήγι που ασκούταν όλη τη περίοδο του χρόνου. Μερικές παρατηρήσεις ερασιτεχνών παρατηρητών πουλιών, κυρίως ξένων, και κυρίως μια μελέτη της Περιφέρειας Κρήτης το 1994 [24] ταυτόχρονα με την απαγόρευση και τον έλεγχο του κυνηγιού ανέδειξαν τη σημασία της λίμνης για τα μεταναστευτικά και διαχειμάζοντα πουλιά αλλά και για την ποικιλία των υγροτοπικών ενδιαιτημάτων, οικοτόπων, φυτοκοινωνιών και της λοιπής πανίδας. Τα επόμενα χρόνια, όπως φάνηκε από τις μελέτες του Πανεπιστημίου Κρήτης, οι πληθυσμοί της ορνιθοπανίδας αυξήθηκαν και συνεχίζουν να αυξάνονται άσχετα με τις γενικότερες τάσεις των ειδών. Μάλιστα επέστρεψαν να φωλιάσουν κάποια υδρόβια είδη που είχαν θεωρηθεί εξαφανισμένα από την Κρήτη και νέα για την Κρήτη είδη έκαναν την εμφάνισή τους. Παράλληλα η οικοτουριστική και εκπαιδευτική σημασία του υγροτόπου αναδείχθηκε περισσότερο [25]. Την ίδια στιγμή αναδείχθηκαν και τα προβλήματα της λίμνης όπως η πτώση της στάθμης κατά την αναπαραγωγική περίοδο και διάφορες αυθαιρεσίες στην περίμετρο της αλλά κυρίως η δυσκολία συνεννόησης μεταξύ των υπευθύνων φορέων διαχείρισης. Το διαχειριστικό σχέδιο [26] που έγινε στα πλαίσια του προγράμματος LIFE Δυτικής Κρήτης το 1998 (συνεργασία του Οργανισμού Ανάπτυξης Δυτικής Κρήτης, του Πανεπιστημίου Κρήτης και του Μεσογειακού Αγρονομικού Ινστιτούτου Χανίων) είχε την ευνοϊκή αποδοχή της τοπικής κοινωνίας και των φορέων της περιοχής αλλά έμεινε στα χαρτιά. Έτσι μια μοναδική ευκαιρία ολοκληρωμένης διαχείρισης υγροτόπου στην Κρήτη κινδυνεύει να χαθεί.

3.7 Αξία Υγροτόπων

Οι υγρότοποι έχουν πολλαπλές αξίες [13] για τον άνθρωπο, διότι:

- η μεγάλη τους βιολογική ποικιλότητα είναι απαραίτητη για τη βελτίωση καλλιεργούμενων φυτών, αγροτικών ζώων και μικροοργανισμών, για ένα μέρος της επιστημονικής προόδου, ιδιαίτερα στην ιατρική, για πολλές τεχνολογικές καινοτομίες και για την ομαλή λειτουργία πολλών οικονομικών δραστηριοτήτων στις οποίες χρησιμοποιούνται ζωντανοί οργανισμοί,
- δίνουν νερό για ύδρευση και άρδευση, εμπλουτίζουν τους υπόγειους υδροφορείς, προστατεύουν από πλημμύρες, ενεργούν ως φίλτρα καθαρισμού ρύπων, μειώνουν τις ζημίες από παγετούς και καύσωνες,
- παράγουν αλιεύματα, συντηρούν θηράματα, δίνουν πλούσια τροφή σε αγροτικά ζώα,
- παρέχουν ευκαιρίες για αναψυχή, άθληση, οικολογικό τουρισμό, εκπαίδευση και έρευνα,
- είναι συνδεδεμένοι με την ιστορία, τη μυθολογία και την πολιτιστική παράδοση.

Τα τελευταία χρόνια παρουσιάζεται στην ελληνική κοινωνία η τάση για αναγνώριση της τεράστιας σημασίας των υγροτοπικών πόρων της χώρας. Ωστόσο, η τάση αυτή δεν είναι ακόμη αρκετά ισχυρή ώστε να ανακόψει την υποβάθμιση που προκαλούν οι ασύνετες πρακτικές που ασκούνται στους υγροτόπους και τις λεκάνες απορροής τους. Η πορεία προς την αειφορική διαχείριση των υγροτοπικών και χερσαίων οικοσυστημάτων θα είναι συνεπώς μακρά και δύσκολη. Δικαιούμαστε όμως να αισιοδοξούμε, εφόσον διεξάγονται συντονισμένες προσπάθειες διατήρησης και οι κοινότητες γύρω από τις φυσικές περιοχές εμπλέκονται ενεργά στη διατήρηση και διαχείρισή τους.

Ως αξίες υγροτόπων αναφέρονται διεθνώς οι ακόλουθες:

Βιολογική ποικιλότητα	Αμμολιπτική
Υδρευτική	Επιστημονική
Αρδευτική	Πολιτιστική
Αλιευτική	Αναψυχής
Κτηνοτροφική	Εκπαιδευτική
Θηραματική	Αντιπλημμυρική
Υλοτομική	Αντιδιαβρωτική
Αλατοληπτική	Βελτίωση ποιότητας νερού
Υδροηλεκτρική	Κλιματική (για την ευρύτερη περιοχή του υγρότοπου)

3.8 Νόμοι για την Προστασία των Υγροτόπων

Η ελληνική νομοθεσία [27] για την προστασία της φύσης περιλαμβάνει νόμούς και νομοθετικά διατάγματα που μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες και αφορούν την προστασία των ειδών, την προστασία ειδών και ενδιαιτημάτων και τη διαχείριση του φυσικού χώρου και των πόρων .

- Ν. 1650/1986 προστασία του περιβάλλοντος
- Ν. 2055/1992 κυρώνει τη σύμβαση διεθνούς εμπορίας απειλούμενων ειδών της άγριας πανίδας και αυτοφυούς χλωρίδας (Σύμβαση CITES).
- Ν. 1469/1950 τόποι ιστορικοί και ιδιαιτέρου φυσικού κάλλους.
- Ν. Δ . 996/1971 εθνικοί δρυμοί, αισθητικά δάση και διατηρητέα μνημεία της φύσης .
- Ν. Δ. 191/1974 κυρώνει τη διεθνή σύμβαση Ramsar που υπογράφηκε από την Ελλάδα στις 2/2/1971.
- Ν. 177/1975 καταφύγια θηραμάτων.
- Ν. 1335/1986 κυρώνει τη διεθνή σύμβαση Βέρνης για τη διατήρηση της άγριας ζωής και του φυσικού περιβάλλοντος της Ευρώπης.
- Ν. 2204/1994 κυρώνει τη σύμβαση για τη βιολογική ποικιλότητα, που υπογράφηκε στο Ρίο ντε Τζάνερο στις 5/7/1992, και την Απόφαση 93/626/ΕΟΚ του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων.
- Ν. 998/1979 προστασία δασών και δασικών εκτάσεων.
- Ν. 1337/1983 επέκταση πολεοδομικών σχεδίων και πολεοδομικής ανάπτυξης.
- Ν. 1739/1987 διαχείριση υδατικών πόρων.

Πολυ σημαντική είναι η έκδοση δύο Κοινοτικών Οδηγιών, της 79/409/ΕΟΚ για τη διατήρηση των άγριων πουλιών και της 92/43/ΕΟΚ για τη διατήρηση των φυσικών ενδιαιτημάτων των ειδών άγριας πανίδας και αυτοφυούς χλωρίδας.

Το ανώτερο νομικό πλαίσιο συμπληρώνεται από διάφορες άλλες κοινοτικές πράξεις που αφορούν την απόθεση αποβλήτων, απαγορεύσεις κ.λ.π. Κατά καιρούς εκδίδονται Κοινές Υπουργικές Αποφάσεις και Προεδρικά Διατάγματα για τους υγρότοπους του Καταλόγου Ramsar, που καθορίζουν τα όρια των προστατευμένων ζωνών και τα διαχειριστικά μέτρα.

Εικ10. *Χάρτης Ελληνικών Υγρότοπων [15]*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^{Ο}
ΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ

4.1 Η σημασία των ποταμών

Τα ποτάμια [28] δεν είναι σημαντικά μόνο για τους ανθρώπους, αλλά και για τη ζωή . Δεν είναι μόνο θαυμάσιοι τόποι αναψυχής, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης ως πηγή πόσιμου νερού και νερού για άρδευση, για την παραγωγή ηλεκτρισμού, τη μετακίνηση εμπορευμάτων αλλά και ως πηγή τροφής. Μερικές φορές χρησιμοποιούνται και ως για την απόρριψη λυμάτων, τα οποία θα πρέπει να είναι επεξεργασμένα για την αποφυγή ρύπανσης και καταστροφής των πολλών ειδών οργανισμών, φυτών και ζώων, που ζουν στα ποτάμια. Τα ποτάμια βοηθούν στην τροφοδοσία των υπόγειων υδροφόρων μέσω της διήθησης νερού από τη κοίτη τους προς τα κατώτερα υπεδάφια στρώματα.

4.1.1 Λεκάνες απορροής και ποτάμια

Για την κατανόηση της λειτουργίας του υδρολογικού κύκλου είναι σημαντική η έννοια της λεκάνης απορροής των ποταμιών. Λεκάνη απορροής ενός ποταμού είναι εδαφική έκταση που φιλοξενεί το ποτάμι και όλους τους παραποτάμους του, ακόμη και τα μικρά ρυάκια που καταλήγουν σε αυτό. Ακριβέστερα, λεκάνη απορροής σε μια δεδομένη θέση ενός υδατορεύματος είναι η γεωγραφική περιοχή που τα νερά της συνεισφέρουν στην απορροή του υδατορεύματος που περνά από τη θέση αυτή. Οι λεκάνες απορροής μπορεί να είναι από τόσο μικρές όσο μια πατημασιά στη λάσπη, μέχρι τόσο μεγάλες όσο όλη η έκταση που στραγγίζει στον ποταμό Αμαζόνιο στο σημείο που εκβάλλει στον Ατλαντικό Ωκεανό. Η τελευταία, που είναι και η μεγαλύτερη από τις λεκάνες όλων των ποταμών της υφηλίου, φτάνει τα 7.180.000 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Κάθε μεγάλη λεκάνη απορροής μπορεί να χωριστεί σε μικρότερες επιμέρους υπό-λεκάνες (π.χ. μια για κάθε παραπόταμο). Οι λεκάνες απορροής είναι πολύ σημαντικές, διότι η ποσότητα και η ποιότητα του νερού στα ποτάμια εξαρτώνται από ό,τι συμβαίνει μέσα στις λεκάνες, είτε το έχει προκαλέσει ο άνθρωπος είτε όχι.

Η ροή στα υδατορεύματα αλλάζει συνεχώς, από μέρα σε μέρα, ή ακόμα από λεπτό σε λεπτό. Φυσικά, ο βασικός παράγοντας που επηρεάζει την παροχή του νερού είναι η απορροή των κατακρημνισμάτων από τη λεκάνη. Η βροχή αυξάνει τη στάθμη του νερού των ποταμών, ακόμα και αν έχει βρέξει πολύ ψηλά στη λεκάνη απορροής, μακριά από τη θέση που παρατηρούμε τη ροή. Το μέγεθος ενός ποταμού εξαρτάται από το μέγεθος της λεκάνης απορροής του. Μεγάλο ποτάμι είναι αυτό που έχει μεγάλη λεκάνη απορροής. Ομοίως, ποτάμια διαφορετικών μεγεθών, αντιδρούν διαφορετικά σε καταιγίδες και βροχές. Η στάθμη των μεγάλων ποταμών αλλάζει πιο αργά από τη στάθμη των μικρών. Σε μια μικρή λεκάνη, η στάθμη του ποταμού θα ανυψωθεί και θα πέσει μέσα σε μερικά λεπτά ή ώρες. Στα μεγάλα ποτάμια κάτι τέτοιο μπορεί να πάρει μέρες και οι πλημμύρες μπορεί να διαρκέσουν πολύ.

4.2 Υπόγεια νερά

Ένας από τους μεγάλους θησαυρούς που ο γαλάζιος πλανήτης μας κρύβει μέσα του είναι τα υπόγεια νερά [29]. Είναι τα αποθέματα γλυκού νερού που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, στη στεριά αλλά κάποτε και κάτω από τη θάλασσα κοντά στις ακτές.

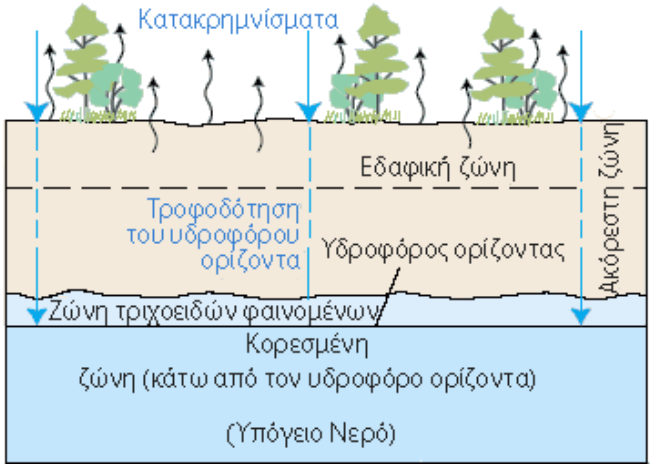
Επειδή το νερό είναι η βασικότερη προϋπόθεση της ζωής, τα υπόγεια νερά είναι ένας φυσικός πόρος που ασκεί κρίσιμο ρόλο και επηρεάζει τα οικοσυστήματα, την ανθρώπινη ζωή και τις δραστηριότητες του ανθρώπου γενικά σε όλον τον κόσμο. Είναι ένας πόρος που αν και βρίσκεται θεωρητικά βρίσκεται παντού στην επιφάνεια όλης της ξηράς στην πραγματικότητα είναι ανανεώσιμος πόρος που μόνο αν προστατευτεί και διαχειριστεί σωστά, μπορεί να συνεχίσει να ασκεί τις ευεργετικές του λειτουργίες επ΄ αορίστων.

Μαζί με τα επιφανειακά νερά, τα υπόγεια αποθέματα νερού αποτελούν τα συνολικά αποθέματα του γλυκού νερού. Σχηματίζονται με την καθίζηση του νερού των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και το φιλτράρισμά του μέσα από τα στρώματα του εδάφους. Το νερό κινείται

με την επίδραση της βαρύτητας και γεμίζει τις σχισμές και γενικά τα κενά ανάμεσα στα πετρώματα και την άμμο (εικ.11). Προμηθεύει με τεράστιες ποσότητες νερού τα ρυάκια και ποτάμια και τους υγρότοπους. Δίνει περίπου το 90% του γλυκού νερού του πλανήτη, χωρίς να υπολογιστούν οι πολικοί πάγοι. Σήμερα, με την ολοένα και μεγαλύτερη λειψυδρία και τον περιορισμό των επιφανειακών νερών, περισσότερο από το μισό του παγκόσμιου ανθρώπινου πληθυσμού εξαρτάται άμεσα από τα υπόγεια αποθέματα για πόσιμο νερό. Οι περισσότερες πόλεις του κόσμου καταφεύγουν σε αυτά για τις ανάγκες τους για ύδρευση. Στα περισσότερα μέρη του κόσμου αποτελεί εκτός των άλλων και τη φτηνότερη μέθοδο εξεύρεσης νερού.

Στην πρωτογενή παραγωγή (γεωργία και κτηνοτροφία), όπου παρατηρείται ότι αυξάνεται διαρκώς το ποσοστό χρήσης των υπόγειων νερών σε βάρος των επιφανειακών. Με την επίταση των φαινομένων της λειψυδρίας σε παγκόσμιο επίπεδο, όλο και συχνότερα οι άνθρωποι καταφεύγουν στην εύκολη λύση, δηλ. στην εκμετάλλευση των «έτοιμων» υπόγειων αποθεμάτων. Όμως τα νερά είναι ένας φυσικός πόρος η λήψη του οποίου απαιτεί μακροχρόνιο σχεδιασμό και ορθολογική διαχείριση - αυτό που στη θεωρία αποκαλείται υδατική πολιτική - αλλά δυστυχώς αυτό συμβαίνει μόνο σε λίγες περιπτώσεις να εφαρμόζεται.

Παρόλο που το νερό είναι το βασικότερο αγαθό της ζωής, πολλοί άνθρωποι στην πράξη και παρ΄ όλα αυτά δεν εκτιμούν τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των υπόγειων υδατικών αποθεμάτων, όταν έρχεται η ώρα να παρθούν αποφάσεις που έχουν να κάνουν με τις ανάγκες τους σε νερό, με την επιλογή του τόπου κατοικίας, με την προμήθεια της κατοικίας τους σε νερό αλλά και γενικά με τη χρήση του νερού. Πέρα από το ότι μια γεώτρηση είναι ίσως η φτηνότερη μέθοδος απόκτησης νερού, με τη γεώτρηση το θέμα του ελέγχου της ποιότητας του νερού μετατοπίζεται από το επίπεδο της συλλογικής στο επίπεδο της προσωπικής ευθύνης. Αυτό θέτει σημαντικά προβλήματα, που έχουν να κάνουν με το αντικειμενικό και σημαντικότατο γεγονός ότι το πρόβλημα της ποιότητας του νερού δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά από τον καθένα στο επίπεδο της αυλής ή του χωραφιού του αλλά πρέπει πρώτα απ΄ όλα να αντιμετωπιστεί συνολικά. Τα υπόγεια νερά μιας περιοχής δεν μπορούν να ανήκουν (και πραγματικά δεν ανήκουν!) σε κανέναν. Αποτελούν συλλογικό αγαθό η ποιότητά του οποίου επηρεάζεται από ένα σωρό φυσικούς και ανθρωπογενείς παράγοντες, που έχουν να κάνουν με όλες τις ανθρώπινες δραστηριότητες σε πολύ μεγάλες περιοχές και για μεγάλες χρονικές περιόδους. Ο καθένας από εμάς μπορεί να ελέγξει την ποιότητα του νερού στην γεώτρησή του, αλλά δεν μπορεί να την επηρεάσει παρά μόνο σε περιορισμένο βαθμό.



Εικ11. *Υπόγεια νερά [29]*

Καθώς το νερό διηθείται προς το υπέδαφος, σχηματίζει συνήθως μια ακόρεστη και μια κορεσμένη ζώνη. Στην ακόρεστη ζώνη υπάρχει νερό αλλά και αέρας στα κενά (πόρους) του εδαφικού σχηματισμού, δηλαδή τα κενά αυτά δεν είναι τελείως γεμάτα με νερό.

Το άνω μέρος της ακόρεστης ζώνης είναι η εδαφική ζώνη. Η εδαφική ζώνη έχει κενά που δημιουργούνται από τις ρίζες των φυτών, τα οποία επιτρέπουν στο νερό να διηθηθεί. Το νερό στην ανώτερη αυτή ζώνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα φυτά. Κάτω από την ακόρεστη ζώνη βρίσκεται η κορεσμένη, στην οποία το νερό γεμίζει όλους τους πόρους του εδάφους.

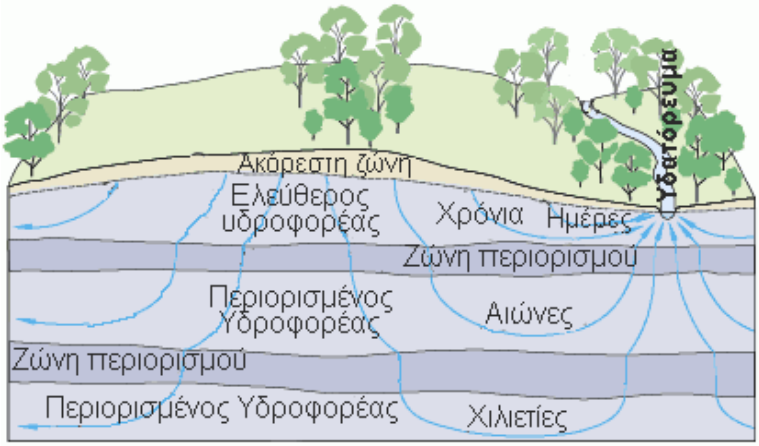
4.2.1 Αποθήκευση υπόγειου νερού: Νερό που βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της Γης για μεγάλα χρονικά διαστήματα

Εκτός από τις καθημερινά ορατές ποσότητες νερού, υπάρχουν και τεράστιες μη ορατές ποσότητες νερού – νερού που βρίσκεται και κινείται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Οι άνθρωποι χρησιμοποιούν το νερό αυτό εδώ και χιλιάδες χρόνια και συνεχίζουν και σήμερα να το χρησιμοποιούν κυρίως για ύδρευση και άρδευση. Η ζωή στη Γη βασίζεται στο υπόγειο νερό όπως και στο επιφανειακό [29].

4.2.2 Το αποθηκευμένο υπόγειο νερό ως μέρος του υδρολογικού κύκλου

Μεγάλες ποσότητες νερού βρίσκονται αποθηκευμένες [29] κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Το νερό αυτό συνεχίζει να κινείται, αν και συνήθως με πολύ μικρή ταχύτητα, και συνεχίζει να αποτελεί μέρος του υδρολογικού κύκλου. Το περισσότερο υπόγειο νερό προέρχεται από διήθηση κατακρημνισμάτων. Τα ανώτερα στρώματα αποτελούν την ακόρεστη ζώνη όπου η ποσότητα του νερού αλλάζει με το χρόνο αλλά δεν γεμίζει πλήρως τους πόρους του εδάφους. Κάτω από τη ζώνη αυτή υπάρχει η κορεσμένη ζώνη όπου όλοι οι πόροι και οι ρωγμές των πετρωμάτων είναι γεμάτα νερό. Ο όρος υπόγειο νερό χρησιμοποιείται για να περιγράψει αυτή τη ζώνη. Ο χώρος αποθήκευσης του υπόγειου νερό αποδίδεται με τον όρο "υδροφορέας". Οι υδροφορείς ή τα υδροφόρα στρώματα, είναι τεράστιες αποθήκες νερού της Γης και η ζωή εκατομμυρίων ανθρώπων σε όλο τον κόσμο εξαρτάται καθημερινά από αυτούς.

4.2.3 Εκφόρτιση υπόγειου νερού: η έξοδος του νερού από το υπέδαφος



Εικ.12. *Ροή υπόγειου νερού [29]*

Όπως προαναφέρθηκε, τμήμα των κατακρημνισμάτων διηθείται και μετατρέπεται σε υπόγειο νερό. Από το νερό που εισχωρεί στο έδαφος, ένα μέρος κινείται κοντά στην επιφάνεια και ξαναβγαίνει γρήγορα με τη μορφή απορροής προς τα υδατορεύματα [29], υπό την επίδραση της βαρύτητας. Όμως ένα άλλο μεγάλο μέρος συνεχίζει τη πορεία του προς βαθύτερα στρώματα. Όπως δείχνει το διάγραμμα, η κατεύθυνση και η ταχύτητα του υπόγειου νερού καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά των υδροφορέων και των στρωμάτων περιορισμού (υπεδάφια στρώματα, τα οποία διαπερνά το νερό πολύ δύσκολα ή σχεδόν καθόλου). Η υπόγεια κίνηση του νερού εξαρτάται από τη διαπερατότητα (πόσο εύκολο ή δύσκολο είναι στο νερό να κινηθεί) και από την

πορώδη σύσταση (την ποσότητα των κενών μέσα στο υλικό) των στρώσεων. Αν το υπεδάφιο στρώμα επιτρέπει στο νερό να κινείται σχετικά γρήγορα, αυτό μπορεί να διανύσει μεγάλες αποστάσεις στη διάρκεια μερικών ημερών. Μπορεί όμως επίσης να βυθιστεί προς βαθιούς υδροφορείς και να κάνει χιλιάδες χρόνια μέχρι να ξαναβγεί στην επιφάνεια.

4.3 Πηγές, ποτάμια και χείμαρροι, εκβολές και δέλτα ποταμών

Οι πηγές συνήθως σχηματίζονται όταν το αποθηκευμένο νερό που βρίσκεται στα υπόγεια στρώματα του γήινου φλοιού εξέλθει στην επιφάνεια. Η έξοδος αυτή μπορεί να συμβαίνει σε σχισμή στο έδαφος ή και σε ρήγμα. Ουσιαστικά το νερό της βροχής που εισδύει βαθύτερα γίνεται θερμότερο κατά 1 ο C κάθε 30 μέτρα και διαλύει μεγαλύτερο ποσό στερεών ουσιών. Κατά την έξοδο το νερό αυτό όταν εξέρχεται είναι θερμότερο από τη μέση θερμοκρασία του περιβάλλοντος της περιοχής. Στις πηγές συνήθως ζουν λίγα είδη οργανισμών, αλλά αυτά είναι συνήθως είδη ενδημικά.

Ανάλογα με τα υδρολογικά και άλλα χαρακτηριστικά οι πηγές ταξινομούνται σε

- Ελοκρηνείς. Έξοδος νερών αργή με μικρή παροχή. Συναντώνται στα έλη και στα τέλματα, καθώς και στις όχθες των ποταμών, των ρυάκων και των λιμνών.
- Λιμνοκρηνείς. Παροχή μερικές φορές σημαντική, με σταθερή θερμοκρασία και με ανάβλυση στο βυθό ελών και λιμνών.
- Ρεοκρηνείς. Παροχή σταθερή, με σταθερή θερμοκρασία και ανάβλυση σε κεκλιμένα εδάφη.

Τα πηγάδια είναι ένας τύπος πηγής που δημιουργείται τεχνητά για τη συλλογή του νερού και την άντλησή του στην επιφάνεια. Στην Ελλάδα υπάρχουν πολυάριθμες πηγές συνεχούς ή διαλείπουσας (διακοπτόμενη) παροχής, ενώ η ύπαρξή τους συνδέεται με τη γεωμορφολογία της περιοχής, την υδροφορία της και τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα της ευρύτερης περιοχής. Όταν τα ρυάκια και ρέματα των ορεινών περιοχών ενώνονται σε χαμηλότερα υψόμετρα σχηματίζουν τα ποτάμια. Η ταχύτητα των νερών τους εξαρτάται από την κλίση του εδάφους και την παροχή. Σημαντικές παράμετροι για τη μελέτη ενός ποταμού αποτελούν, οι εποχιακές μεταβολές της παροχής, η διακύμανση της στάθμης των νερών, η ποσότητα φερτών υλικών (στερεοπαροχή) και σε διάλυση υλικών και ουσιών, η μέση παροχή κ.ά. Το υδρολογικό καθεστώς σε ένα ποταμό είναι αποτέλεσμα της φύσης των εποχιακών διακυμάνσεων της παροχής

Υπάρχουν τα παρακάτω καθεστώτα:

-απλά με μια περίοδο πλημμύρας και μια περίοδο έλλειψης νερού,

-παγετώδη με άφθονη παροχή το καλοκαίρι και έλλειψη νερού το χειμώνα,

-ορεινά του χιονιού με παρόμοιες συνθήκες με εκείνες του παγετώδη τύπου, αλλά η άφθονη παροχή και η έλλειψη του νερού έρχονται εποχιακά νωρίτερα.

-πεδινά με παρόμοιες συνθήκες με τον προηγούμενο τύπο, αλλά η μεγάλη και άφθονη παροχή έρχεται εποχιακά ακόμη πιο νωρίς κατά την άνοιξη.

-τροπικό βροχερό με καθεστώς που χαρακτηρίζεται με πολύ μεγάλη παροχή την περίοδο των βροχών και έλλειψη την περίοδο της ξηρασίας.

-ωκεάνιο βροχερό με μέγιστο της παροχής του νερού να συμβαίνει το χειμώνα, ενώ υπάρχει έλλειψη το καλοκαίρι.

Πολλές φορές υπάρχουν και σύνθετα-πολυδιάστατα καθεστώτα στην παροχή ενός ποταμού. Εξάλλου, οι ποταμοί ταξινομούνται ανάλογα με το χημισμό των νερών τους που είναι αποτέλεσμα βιογεωχημικών αντιδράσεων. Έτσι, διακρίνονται οι ποταμοί ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε ασβέστιο, μαγνήσιο, ανάλογα με τη σχέση ασβεστίου προς μαγνήσιο και ως προς το pH.

Στην Ελλάδα τα περισσότερα ποτάμια έχουν νερό με όξινο ανθρακικό περιεχόμενο (57%). Ακολουθούν εκείνα με περιεχόμενο σε ασβέστιο (16%), μαγνήσιο, νάτριο, κάλιο, θειικά και χλωριόντα . Από την άποψη της παροχής τους τα περισσότερα ποτάμια έχουν απεριοδική και

χειμαρρώδη ροή, μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες ιζημάτων ως αποτέλεσμα της διαβρωτικής τους δράσης και της χειμαρρώδους ροής τους. Το συνολικό μήκος των ποταμών στην Ελλάδα φτάνει τα 4268 χλμ.

Οι εκβολές και τα δέλτα των ποταμών θεωρούνται και ως εσωτερικά νερά. Αποτελούν χαρακτηριστικές περιοχές με ιδιαίτερο ενδιαφέρον στη δυναμική ισορροπία απόθεσης και μετακίνησης φερτών υλικών, στη βιοποικιλότητα και στην προσέλκυση των νεαρών σταδίων ψαριών και καρκινοειδών. Στις περιοχές αυτές η προώθηση της ξηράς σε βάρος της θάλασσας είναι ένα γεγονός που εξαρτάται από την κατάσταση της δυναμικής ισορροπίας μεταξύ των παραγόντων που δρουν στον ηπειρωτικό χώρο των λεκανών απορροής των ποταμών (κλίμα, γεωμορφολογία, τεκτονική, στερεοπαροχή κ.ά.) και των παραγόντων που δρουν στον παράκτιο χώρο των εκβολών (μορφολογία, τεκτονική, κύματα, ρεύματα, παλίρροια κ.ά)

Οι εκβολές και τα δέλτα των ποταμών εξαιτίας του μεταβατικού χαρακτήρα και των αλληλεπιδράσεων ως προς το θαλασσινό και το γλυκό νερό έχουν επίσης ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Εδώ δημιουργούνται ιδιάζουσες φυσικοχημικές συνθήκες, συναθροίζονται συνήθως νεαρά ψάρια και καρκινοειδή, είναι δηλαδή οι "παιδότοποι" των αλιευμάτων. Το ιδιότυπο υδρολογικό καθεστώς που παρατηρείται στα ποτάμια της χώρας μας μπορεί σε ετήσια βάση να δημιουργήσει ακραίες καταστάσεις ως προς τη βιοπαραγωγικότητα της περιοχής των εκβολών και δέλτα. Τα δέλτα στη χώρα μας έχουν περιοριστεί σημαντικά στην προσπάθεια του ανθρώπου να καταλάβει και να αξιοποιήσει περισσότερο έδαφος (καλλιέργειες, αστική επέκταση), αλλά και να προστατεύσει τις αστικές και καλλιεργούμενες περιοχές από πλημμυρικά φαινόμενα.

4.4 Η Υφιστάμενη Κατάσταση στην Ελλάδα

Η Ελλάδα είναι μια χώρα με μεσογειακό κλίμα και ασβεστολιθικά πετρώματα, χαρακτηριστικά που δεν βοηθούν στη συγκέντρωση μεγάλων μαζών νερού. Διαθέτει όμως και μια έντονη εδαφική μορφολογία που την έχει προικίσει με αρκετές μικρές έως μέτριες σε έκταση επιφάνειες γλυκού νερού (λίμνες, ποτάμια, βάλτους, ρέματα και υπόγειες φυσικές δεξαμενές). Εκεί που συναντιέται η γη με το γλυκό κυρίως νερό (δηλαδή σε υδατο κορεσμένα εδάφη) αναπτύσσονται ιδιαίτερα παραγωγικά οικοσυστήματα που έχουν ονομαστεί υγρότοποι. Υδροχαρή δάση, καλαμιώνες και υδρόβια φυτά επιτυγχάνουν μια ταχύτατη ανακύκλωση θρεπτικών ουσιών με αποτέλεσμα να παρέχουν τροφή και καταφύγιο σε έναν μεγαλύτερο αριθμό οργανισμών απ' ο,τι άλλα οικοσυστήματα όπου κυριαρχεί μόνο η ξηρά ή μόνο το νερό. Γι' αυτό άλλωστε, από τα προϊστορικά χρόνια οι υγρότοποι είλκυσαν ανθρώπινους πληθυσμούς, αφού παρείχαν άφθονη τροφή (κυνήγι, ψάρια, καρπούς), γόνιμα εδάφη, βοσκοτόπια, πόσιμο νερό, γρήγορες μετακινήσεις και μεταφορές. Δεν είναι τυχαίο ότι οι περισσότερες μεγάλες πόλεις έχουν χτιστεί στις όχθες λιμνών και ποταμών (ή στις εκβολές τους). Αλλά και μεγάλοι πολιτισμοί αναπτύχθηκαν κοντά σε υγροτόπους, όπως η Μεσοποταμία ή το δέλτα του Νείλου.

4.4.1 Υδρογραφία

Η Ελλάδα είναι μια χώρα με έντονη γεωμορφολογική ποικιλία: το 70% περίπου της συνολικής έκτασης της χώρας καλύπτεται από βουνά και ταυτόχρονα διαθέτει μια ακτογραμμή με τεράστιο μήκος και μεγάλο αριθμό νησιών και χερσονήσων. Η ποικιλία αυτή επηρεάζει έντονα το κλίμα της χώρας το οποίο και εμφανίζει με τη σειρά του μεγάλες ιδιαιτερότητες, καλύπτοντας από τον ερημικό κλιματολογικό τύπο στα νοτιοανατολικά της Κρήτης κατά το καλοκαίρι, μέχρι τον ηπειρωτικό υγρό και ψυχρό κλιματολογικό τύπο

4.4.2 Ποταμοί

Οι ποταμοί της Ελλάδας είναι μικροί, ακολουθούν τη διεύθυνση των κοιλάδων και εκβάλλουν στις ελληνικές θάλασσες. Γενικα, πιο αβαθείς και ορμητικοί, κανένας τους δεν είναι πλωτός και μόνο σε ορισμένα σημεία του Έβρου και του Λουδία μπορούν να κυκλοφορήσουν λέμβοι. Οι ελληνικοί ποταμοί μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες λάσπης και έτσι σχηματίζουν

συχνά προσχώσεις και δέλτα στις εκβολές τους. Τα νερά τους όμως από το 1952 άρχισαν να χρησιμοποιούνται για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όπως στον Αχελώο, στον Αλιάκμονα κ.ά. Επίσης αρδεύουν τις γύρω απ' αυτούς πεδινές εκτάσεις και καθιστούν γόνιμο το έδαφός τους. Οι μεγαλύτεροι ποταμοί που διαρρέουν την Ελλάδα είναι ο Αλιάκμονας (320 χλμ.) ο Αχελώος (220 χλμ.), ο Πηνειός (205 χλμ.), ο Στρυμόνας (118 χλμ.), ο Θύαμις (115 χλμ.) ο Άραχθος (110 χλμ.), ο Ευρώτας (82 χλμ.), ο Λούρος (80 χλμ.) και ο Σπερχειός (80 χλμ.). Οι μεγαλύτεροι είναι αυτοί που πηγάζουν έξω από τα σύνορά της: ο Έβρος (είναι μήκος 530 χλμ. από τα οποία τα 204 σε ελληνικός έδαφος) και ο Νέστος (έχει μήκος 234 χλμ. από τα οποία τα 130 σε ελληνικός έδαφος και οι δύο όμως πηγάζουν έξω από την ελληνική επικράτεια, ο Έβρος από τη Βουλγαρία και ο Αξιός από τα Σκόπια. Το μήκος τους μέσα στην Ελλάδα είναι περιορισμένο. Από τους ποταμούς που πηγάζουν μέσα στον ελληνικό χώρο ο μεγαλύτερος είναι ο Αλιάκμονας, που διασχίζει τη Δυτική Μακεδονία και χύνεται στο Θερμαϊκό κόλπο (βλέπε πίνακα ποταμών).

Στην Ελλάδα υπάρχουν επίσης πολλοί υπόγειοι ποταμοί, που φανερώνονται ως πηγές. Αυτοί τροφοδοτούν τα ποτάμια της επιφάνειας αλλά και τροφοδοτούνται από αυτά. Σε πολλούς ποταμούς έχουν κατασκευαστεί φράγματα και ταμιευτήρες για την άρδευση και την παραγωγή ενέργειας. Αρδευτικά φράγματα υπάρχουν στον Αλιάκμονα, στον Αξιό και στον Πηνειό. Υδροηλεκτρικές μονάδες υπάρχουν στον Λούρο, στον Αχελώο, στον Εδεσσαίο, στον Λάδωνα και στο Μέγδοβα.

4.4.3 Λίμνες

Στην Ελλάδα υπάρχουν φυσικές και τεχνητές λίμνες. Φυσικές βρίσκονται στην Δ. Ελλάδα και κύρια στην Αιτωλοακαρνανία, την Ήπειρο και την Μακεδονία. Τέτοιες είναι η Τριχωνίδα, η Αμβρακία, η Παμβώτιδα, η Βόλβη, η Βεγορίτιδα, η Μικρή και Μεγάλη Πρέσπα και η λίμνη της Καστοριάς. Τεχνητές λίμνες, που δημιουργήθηκαν με τα νερά των ποταμών, είναι η λίμνη στο Καστράκι και στα Κρεμαστά, ο Μόρνος και ο Ταυρωπός. Υπάρχουν όμως και λίμνες που αποξηράνθηκαν με στόχο την γεωργική εκμετάλλευση των περιοχών. Τέτοιες είναι η Κωπαϊδα, η Κάρλα και η Αγουλινίτσα

Τις τελευταίες δεκαετίες οι γνώσεις μας αυξήθηκαν ενώ η αξία τους αναγνωρίστηκε (π.χ. για τη διατήρηση αποθεμάτων καθαρού νερού ή για τη βελτίωση του κλίματος). Οι αποξηράνσεις μειώθηκαν, αλλά δεν σταμάτησαν εντελώς (π.χ. η πρόσφατη αποξήρανση 3.000 στρεμμάτων βορείως της λίμνης Βιστονίδας ή η αποξήρανση της λιμνοθάλασσας Δράνας το 1987, στο δέλτα του Έβρου .

Δυστυχώς οι γνώσεις που αποκτήθηκαν από τους επιστήμονες δεν διαχύθηκαν στην κοινωνία και στη δημόσια διοίκηση. Έτσι, ενθαρρύνθηκε η μετατροπή τεράστιων εκτάσεων ξερικών καλλιεργειών σε ποτιστικές (με την ανάλογη αύξηση στη χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων). Οι σύγχρονες φθηνές και κινητές αντλίες καθιστούν δυνατή για τους αγρότες την απόληψη τεράστιων ποσοτήτων νερού για άρδευση από τα υπόγεια νερά και από διάφορες περιοχές της λεκάνης απορροής, γεγονός που αδειάζει τους υπόγειους υδροφορείς, αφήνει τους υγροτόπους χωρίς νερό και τους αποξηραίνει, όπως θα είχε συμβεί και αν γίνονταν έργα αποξήρανσης απευθείας στην επιφάνεια.

Αλλά και στις βιομηχανίες δεν τέθηκαν εγκαίρως οι όροι για τη διάθεση των αποβλήτων τους. Πόλεις και κωμοπόλεις γιγαντώθηκαν χωρίς την επεξεργασία των λυμάτων τους. Υδροηλεκτρικά έργα και τουριστικές εγκαταστάσεις κατασκευάστηκαν εξαφανίζοντας τη βλάστηση και αλλοιώνοντας τη μορφολογία του εδάφους. Δασικά οικοσυστήματα υλοτομήθηκαν, κάηκαν και υπέρ βοσκήθηκαν, με αποτέλεσμα την ανατροπή των υδρολογικών κύκλων, την ένταση της διάβρωσης του εδάφους και την επιδείνωση των τοπικών κλιματικών συνθηκών (συνήθως επί το ξηρότερο). Επιπρόσθετα, η γενικότερη αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη από τη συσσώρευση στην ατμόσφαιρα κυρίως διοξειδίου του άνθρακα από την καύση πετρελαίου, βενζίνης και δασών έχει αναφερθεί ότι θα μπορούσε να προκαλέσει μια μετατόπιση θερμότερων και ξηρότερων συνθηκών προς τα βόρεια. Πράγματι τα τελευταία χρόνια παρατηρούμε στη χώρα μας την εμφάνιση συχνότερων και μακρότερων περιόδων ξηρασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο
Η ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

5.1 Η ρύπανση του νερού

Κάθε αλλοίωση της σύστασης ή της μορφής των φυσικών, χημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών των φυσικών νερών αποτελεί ρύπανση [12,31-32]. Η ρύπανση μπορεί να οδηγήσει σε απότομη και σημαντική διαταραχή της ισορροπίας των υδάτινων οικοσυστημάτων, να προκαλέσει βλάβες στον άνθρωπο και στους άλλους οργανισμούς, φθορές στα υλικά και στην πολιτιστική κληρονομιά. Διαφορετική είναι η έννοια της μόλυνσης των νερών η οποία προκαλείται από την είσοδο στο υδάτινο περιβάλλον μικροβίων, ιών, ή γενικά παθογόνων μικροοργανισμών.

Γενικά η ρύπανση των νερών είναι μεταξύ των άλλων ένα πολύπλοκο και σοβαρό πρόβλημα:

- οικονομίας, αφού αυξάνει το κόστος των παραγωγικών δραστηριοτήτων, φθείρει τα υλικά και επιβαρύνει τις δαπάνες που χρειάζονται για να διατηρηθούν τα οικοσυστήματα σε σχετική-ισορροπία,
- υγείας, αφού επηρεάζει άμεσα την ανθρώπινη υπόσταση,
- αισθητικής, αφού αλλοιώνει πολλές φορές ανεπανόρθωτα την ομορφιά της φύσης,
- προστασίας της φύσης, αφού διαταράσσει τη βιοποικιλότητα και την ισορροπία των διαφόρων οργανισμών.

5.2 Πήγες Ρύπανσης

Σημειακές πηγές ρύπανσης: έτσι χαρακτηρίζονται όλες οι πηγές [12] που εκβάλλουν ρύπους σε εντοπισμένα σημεία. Αυτά είναι τα άκρα αγωγών, τάφρων ή αποχετευτικών δικτύων που καταλήγουν σε υδάτινους αποδέκτες. Σε αυτή την κατηγορία ταξινομούνται οι βιομηχανικές μονάδες, οι μονάδες επεξεργασίας λυμάτων που απομακρύνουν μέρος των ρύπων, ενεργά η εγκαταλελειμμένα ορυχεία, πετρελαιοπηγές και τάνκερς. Επειδή βρίσκονται σε συγκεκριμένο μέρος, συνήθως σε αστικές περιοχές, είναι σχετικά εύκολος ο εντοπισμός τους και κατά συνέπεια η παρακολούθησή τους.

Μη σημειακές πηγές ρύπανσης: είναι πηγές [12] οι οποίες δεν είναι δυνατόν να εντοπιστούν σε κανένα ειδικό σημείο απορροής. Είναι συνήθως μεγάλες περιοχές που ρυπαίνουν το νερό με επιφανειακή απορροή, υπεδάφια ροή ή απόθεση στην ατμόσφαιρα. Τέτοιες είναι, για παράδειγμα, οι απορροές χημικών στα επιφανειακά νερά και η διαρροή τους στο έδαφος μέσα από χωράφια, υλοτομημένα δάση, ζωοτροφές, δρόμοι, αποχετεύσεις κ.ά. Εκτιμάται ότι σε χώρες με αγροτική παραγωγή η γεωργική ρύπανση, υπό τη μορφή στερεών αποθέσεων, ανόργανων λιπασμάτων, κοπριάς, αλάτων διαλυμένων στο νερό άρδευσης και παρασιτοκτόνων, είναι υπεύθυνη για πάνω από το 60% των συνολικών ρύπων που φτάνουν σε ποτάμια και λίμνες.

Ο έλεγχος της ρύπανσης αυτού του τύπου είναι πολύ δυσχερής, επειδή είναι δύσκολο να εντοπιστούν οι τόσο διαφορετικές και διεσπαρμένες πηγές ρύπανσης.

5.2.1 Αστική Ρύπανση

Δραστηριότητες που εμπλουτίζουν ή ρυπαίνουν υδάτινους αποδέκτες, είναι οι απορρίψεις που αφορούν ανθρώπινες χρήσεις [33]. Τα ακάθαρτα νερά χαρακτηρίζονται από τη μεγάλη τους περιεκτικότητα σε οργανικά συστατικά και συνήθως αποχετεύονται σε θαλάσσιους, λιμναίους ή ποτάμιους αποδέκτες ή και απορροφητικούς βόθρους, ρυπαίνοντας έτσι και τα υπόγεια νερά. Στη χώρα μας, οι απορροφητικοί βόθροι που εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται σε μεγάλο ποσοστό, αποτελούν το χειρότερο μέσο διάθεσης των ακάθαρτων νερών, αφού ρυπαίνουν το φυσικό αποδέκτη, το έδαφος και τα υπόγεια νερά. Οι αστικές αυτές απορρίψεις με το μικροβιακό τους φορτίο προξενούν διάφορες μολύνσεις. Συγκεκριμένα, ορισμένα βακτήρια προξενούν τυφοειδή πυρετό, δυσεντερία, γαστρεντερίτιδα και χολέρα. Ιοί στο νερό και ορισμένα

στελέχη τους προκαλούν πολυομελίτιδα και ηπατίτιδα, ενώ αυγά και νύμφες μερικών παρασίτων (ασκαρίδα κ.ά.) βρίσκονται πολλές φορές στα ακάθαρτα νερά, προκαλώντας άλλες ασθένειες. Οι τύποι των παθογόνων αυτών μικροοργανισμών βρίσκονται σε αστικά και κτηνοτροφικά λύματα. Τα παθογενή μικρόβια και οι ιοί βρίσκουν συνήθως αφιλόξενο περιβάλλον στο θαλασσινό νερό και γρήγορα αδρανοποιούνται.Μολύνσεις, όμως, αλλά ραδιενεργές, προκαλούνται στα νερά από ατυχήματα ή βλάβες στους πυρηνικούς σταθμούς και από πυρηνικές δοκιμές ή εκρήξεις. Για να αποφευχθεί η ρύπανση των νερών από τα λύματα θα πρέπει αυτά να υποστούν επεξεργασία η οποία σε γενικές γραμμές περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια :

- Πρωτοβάθμιος καθαρισμός. Εδώ διαχωρίζονται τα στερεά υλικά με φυσικά και μηχανικά μέσα, φυσαλίδες αέρα ή κροκιδωτικά.
- Δευτεροβάθμιος καθαρισμός. Αυτή η επεξεργασία σκοπεύει βιοχημική αερόβια ή και αναερόβια διάσπαση των περιεχομένων οργανικών συτατικών. Ο αερόβιος καθαρισμός γίνεται με την ελεγχόμενη παρουσία μικροοργανισμών (ενεργός λάσπη) κάτω από έντονο αερισμό. Ο αναερόβιος καθαρισμός έχει ως ανάλογό του τον απλό σηπτικό βόθρο στον οποίο τα οργανικά συστατικά παρουσία αναερόβιων μικροοργανισμών διασπώνται σε διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υδρόθειο και άλλες ενώσεις (ΒΛΥΣΙΔΗΣ, 1985).
- Τριτοβάθμιος καθαρισμός. Αυτή η διαδικασία προσφέρει μεγαλύτερο βαθμό καθαρότητας και αποτελεί ένα σύνολο επεξεργασιών όπως διήθηση, προσρόφηση, αποστείρωση κ.ά. Η επεξεργασία αυτή απαιτεί υψηλή τεχνολογία, είναι δαπανηρή και πολύπλοκη. Τα παραπροϊόντα αυτού του καθαρισμού μπορούν να ρυπάνουν τα υπόγεια νερά γι' αυτό και επιδιώκεται η ανακύκλωση και αξιοποίησή τους

5.2.2 Αγροτική Ρύπανση

Η ρύπανση που προκαλείται στα νερά από τις γεωργικές δραστηριότητες [33] αφορά τη ρύπανση από τα λιπάσματα που έχει σχέση με τον ευτροφισμό των νερών, καθώς και τη ρύπανση φυτοφαρμάκων. Η ρύπανση αυτή φτάνει στα επιφανειακά νερά μέσω της επιφανειακής απορροής με τα νερά της βροχής, ή με την επικοινωνία με τα υπόγεια νερά που εν τω μεταξύ έχουν ρυπανθεί από τη στράγγιση των νερών άρδευσης των αγρών.

5.2.3 Βιομηχανική Ρύπανση

Αποτελούν τις υγρές βιομηχανικές απορροές (νερό ή παραπροϊόντα) [33] που σχετίζονται με την παραγωγική διαδικασία της βιομηχανίας. Η βιομηχανική ρύπανση που επιβαρύνει τα νερά της Ελλάδας: η οργανική, με επιπτώσεις στην κατανάλωση οξυγόνου των νερών, όπως από τις βιομηχανίες τροφίμων που είναι ανεπτυγμένες στην Ελλάδα (βιομηχανίες παστερίωσης γάλατος,σφαγεία). Ανόργανη με θρεπτικά, με επιπτώσεις την εμφάνιση ευτροφισμού στα νερά όπως από βιομηχανίες. Ρύπανση με βαρέα μέταλλα, όπως από χημικές βιομηχανίες και βυρσοδεψεία, θερμική ρύπανση από νερά ψύξης. Η μορφή ρύπανσης είναι περιορισμένη στην Ελλάδα.

5.2.4 Ευτροφισμός

Ο ευτροφισμός (εικ.13), [33] είναι το φαινόμενο που παρουσιάζεται σε λίμνες ή σε κλειστούς αβαθείς κόλπους κάτω από ορισμένες συνθήκες. Το αποτέλεσμα είναι να μεταβάλλεται η πανίδα και η χλωρίδα των νερών, η θέα τους να είναι ιδιαίτερα αντιαισθητική και, λόγω της πράσινης γλοιώδους επιφάνειας, να δυσκολεύεται η αλιεία. Επακόλουθο του ευτροφισμού είναι η προοδευτική επιδείνωση της ποιότητας του νερού, η μείωση της αισθητικής του αξίας, οι περιορισμένες δυνατότητες για ψυχαγωγία και σπορ. Ρύπανση και ευτροφισμός

δεν είναι το ίδιο πράγμα. Μία περιοχή μπορεί να είναι ρυπασμένη χωρίς να έχει γίνει ευτροφική. Για παράδειγμα, ρύπανση μπορεί να προξενηθεί από βιομηχανικά τοξικά απόβλητα που αναστέλλουν τις διαδικασίες της φωτοσύνθεσης. Οπωσδήποτε, όμως, ο ευτροφισμός μπορεί να οδηγήσει και σε ρύπανση, προξενώντας έλλειψη οξυγόνου στο νερό, μαζική ανάπτυξη φυκιών κ.ά.

5.3 Δείκτες Ρύπανσης

Η παρουσία ή απουσία ορισμένων φυτικών ή ζωικών οργανισμών καθορίζει τους δείκτες της τροφικής κατάστασης ή και της ποιότητας των νερών [35]. Οι βιολογικοί δείκτες ρύπανσης δείχνουν τη πορεία της ρύπανσης και βοηθούν να αποκτήσουμε μια ολοκληρωμένη εικόνα, για τις προηγούμενες συνθήκες του περιβάλλοντος για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Δηλαδή, δείχνουν με ακριβή και αξιόπιστο τρόπο την αξιολόγηση και την πορεία τής τυχόν ρύπανσης. Αντίθετα, οι χημικές συνθήκες του περιβάλλοντος περιορίζονται και δείχνουν την κατάσταση κατά τη στιγμή της δειγματοληψίας.

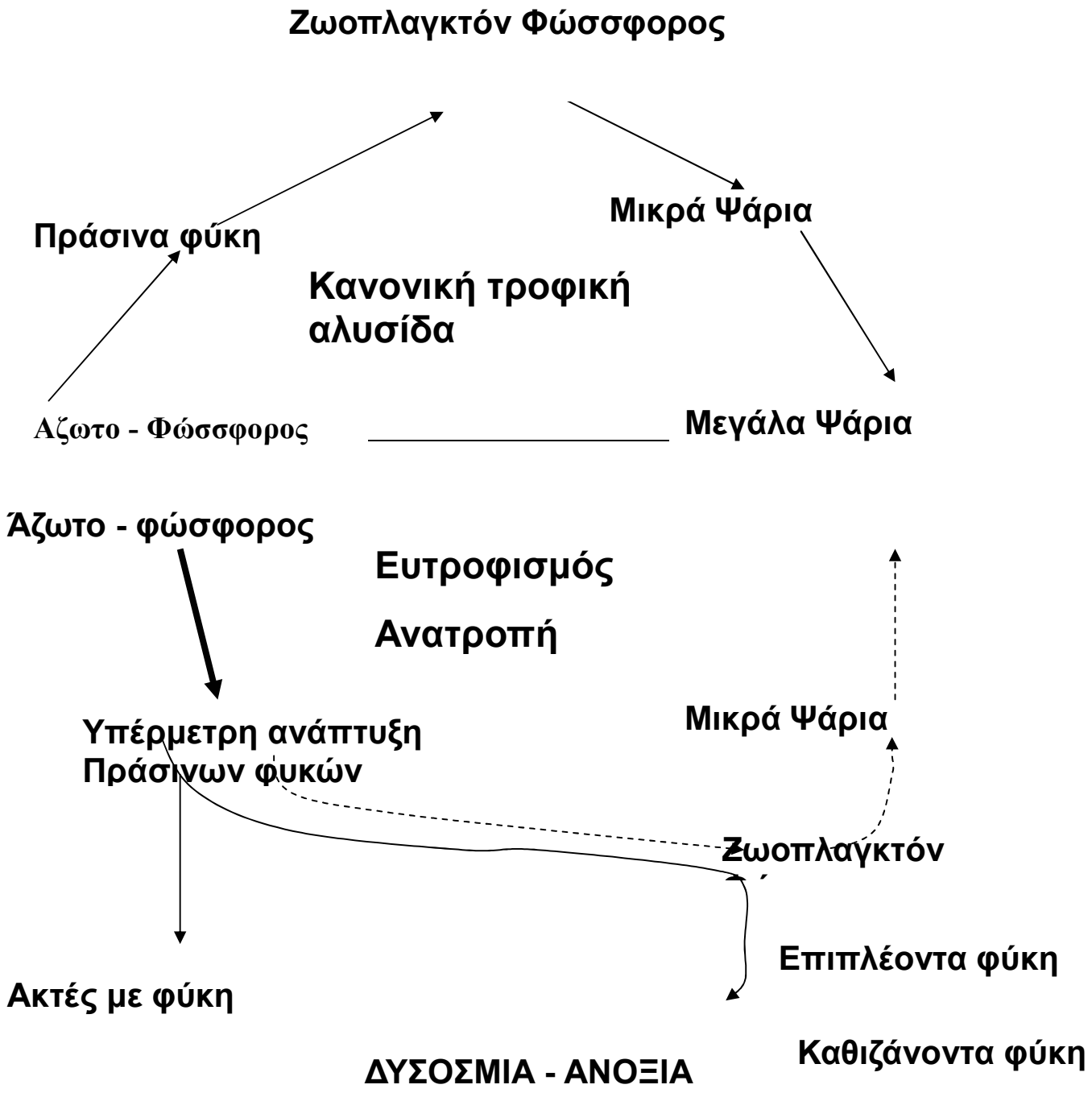
Η ιστορία της εκτίμησης της ποιότητας των νερών βασισμένη σε βιολογικούς δείκτες της ρύπανσης ξεκίνησε τον περασμένο αιώνα. Το σύστημα τότε στηριζόταν στο σαπροβιοτικό σύστημα και αναμορφώθηκε στις αρχές του αιώνα περιλαμβάνοντας οργανισμούς του πλαγκτού και του βένθους . Η ιδέα της χρησιμοποίησης της ασπόνδυλης πανίδας ως βιοδείκτης καθορισμού των ποιοτικών και ποσοτικών μεγεθών του νερού, ξεκίνησε από τις Ηνωμένες Πολιτείες όπου δημιουργήθηκαν κατάλογοι δεικτών σαπροβίωσης, βιοτικοί δείκτες, δείκτες ποικιλότητας κ.ά. Στη δεκαετία του '70 πολλές ευρωπαϊκές χώρες απέρριψαν τους δείκτες σαπροβίωσης και ποικιλότητας και επικέντρωσαν την προσοχή τους στο βιοτικό δείκτη (biotic index) και στο σύστημα επιτυχίας (score system).

Η χρησιμοποίηση των ασπονδύλων ως βιοδείκτες κέρδισε με τον καιρό έδαφος γιατί:

- οι βιοκοινωνίες τους είναι πολύ ετερογενείς,
- αντιπροσωπεύονται από πολλά φύλα,
- η απόκρισή τους στο είδος και στο βαθμό της ρύπανσης ποικίλλει,
- η απόκρισή τους στην οργανική ρύπανση είναι καλά πιστοποιημένη,
- βρίσκονται παντού και συλλέγονται εύκολα,
- η σχετική ακινησία τους από το βιοχώρο τους κάνει τα ασπόνδυλα να αντιπροσωπεύουν τις τοπικές συνθήκες,
- ο κύκλος της ζωής τους είναι σχετικά μακρύς, οπότε αποτελούν μια ολοκληρωμένη παράμετρο ποιότητας του νερού.

Οι πλέον διαδεδομένοι δείκτες είναι οι ακόλουθοι:

- Ο δείκτης του Sladecek βασίζεται στην ύπαρξη οργανισμών, κυρίως Ψαριών, με γνωστές προτιμήσεις σε ορισμένη ποιότητα νερού. Αύξηση του δείκτη σημαίνει χειροτέρευση της ποιότητας του νερού.
- Ο δείκτης με τα αρχικά ETBI (Expanded Trent Biotíc Index), βασίζεται στην παρουσία ή απουσία ορισμένων βενθικών ασπόνδυλων οργανισμών και κυρίως σκωλήκων και νυμφών εντόμων, αφού όπως προαναφέρθηκε, τα αποτελέσματα είναι πιο άμεσα στο βένθος αντί στο πλαγκτόν. Ο κατάλογος των ειδών ή των ομάδων δημιουργήθηκε από ένα βιολογικό δείγμα και η θέση του δείγματος στην κλίμακα(0-15) καθορίζεται στην αναφορά σ' έναν πίνακα οργανισμών. Ο δείκτης αυτός βασίζεται σε δύο αρχές, ότι δηλαδή:
    1. επιλεκτικές ομάδες-κλειδιά ασπονδύλων εξαφανίζονται από μειωμένα επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου και
    2. η μειωμένη ποιότητα του νερού ελαττώνει την ποικιλία των ειδών.



Εικ.13 *Κύκλος ευτροφισμού [34]*

- Στον δείκτη Chandler, κάθε οργανισμός κατέχει μια θέση σε σχετικό πίνακα και μια τιμή ανάλογα με την αντοχή του στη ρύπανση, ενώ η τιμή αυτή εξαρτάται και από τον αριθμό των ατόμων του πληθυσμού του οργανισμού αυτού. Με βάση λοιπόν την παρουσία ή απουσία κάποιων ειδών, ως και τη σχετική τους αφθονία, μπορεί να υπολογιστεί όχι μόνον ο βαθμός ρύπανσης , αλλα και το είδος αυτής.
- Ο δείκτης BMWP (Biological Monitoring Working Party Score) ικανοποιεί τις απαιτήσεις για έρευνες σε ποταμούς και κατατάσσει τα νερά με βάση επιλεγμένες φυσικές και χημικές παραμέτρους, αλιείας και χρήσης νερού. Σ' αυτόν δίνεται ένα αποτέλεσμα για κάθε οικογένεια οργανισμών που υπάρχει στο δείγμα, ενώ στην οικογένεια έχει καθοριστεί προηγουμένως μια θέση στη σχετική κλίμακα βιολογικής ποιότητας.

Το αθροιστικό σύνολο είναι το αποτέλεσμα αυτού του δείκτη για το δείγμα και σε γενικές γραμμές αυξανόμενα αποτελέσματα υποδηλώνουν καλύτερη ποιότητα νερού. Οι δείκτες ETBI και BMWP είναι ποιοτικοί και επομένως αγνοούν τη σχετική αφθονία των διαφορετικών ομάδων στο δείγμα. Ο BMWP ωστόσο δίνει λίγο μεγαλύτερη έμφαση στην ποικιλία των οργανισμών που εμφανίζονται σε διαφορετικούς τύπους τρεχούμενων νερών, απ' ό,τι ο ETBI

.

- Ο δείκτης ASPT (Average Score per Taxon) βρίσκεται εάν διαιρεθεί το αποτέλεσμα του BMWP με τον αριθμό του συνόλου των ταξινομικών μονάδων. Αυτός ο δείκτης ποικίλλει λιγότερο από τον προηγούμενο με εποχιακή και δειγματοληπτική προσπάθεια και επομένως μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως περισσότερο αξιόπιστος όσον αφορά τη μέτρηση της ποιότητας του νερού .
- Ο δείκτης LQI (Lincoln Quality Index) αναπτύχθηκε ως μια απάντηση στην ανάγκη για ένα εύκολα κατανοητό δείκτη που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ευρύτατα στην τυπική εκτίμηση και διαχείριση της ποιότητας του νερού στα ποτάμια και στους χειμάρρους. Για τον υπολογισμό αυτού του δείκτη, οι θέσεις δειγματοληψίας ταξινομούνται σε σχέση με πλούσιο φυσικό περιβάλλον και με φτωχό περιβάλλον .

Πίνακας 8. *Τύποι και πηγές ρύπανσης νερών, είδη ρύπων και η επίδρασή τους στο περιβάλλον [35]*

Τύπος	Πηγή	Είδος Ρύπου	Επίδραση Ρύπανσης
Θερμική	Ενεργειακοί σταθμοί Χυτήρια Βιομηχανίες	Θερμό νερό	Ελαττώνει το οξυγόνο του νερού Αυξάνει το ρυθμό μεταβολισμού των οργανισμών Αυξάνει το ρυθμό αναπαραγωγής των οργανισμών, Π.χ. των φυκών Θανατώνει τα αυγά των ψαριών
Ραδιενεργός	- Πυρηνικοί σταθμοί	Απόβλητα από νερά ψύξης Ραδιενέργεια στο νερό	- Γενετικές αλλοιώσεις στους οργανισμούς Συσσώρευση στις τροφικές αλυσίδες
Ανόργανη μεταλλική	Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων Χημικές βιομηχανίες Μονάδες εντατικής εκτροφής ζώων Μηχανουργεία Μεταλλουργεία Στερεά απορρίμματα Μερικές βιομηχανίες Φωτογραφεία	Διαλυμένο στο νερό, Cu, Pb, Sn, Zn, Cd, Hg, Cr, CO, Ni, Ag, As, CN	Συσσώρευση στις τροφικές αλυσίδες Αναχαίτιση της δράσης των ενζύμων Ελάττωση της οικολογικής ποικιλότητας
Οργανική	Χημικές βιομηχανίες Φαρμακευτικές βιομηχανίες Βιομηχανίες επεξεργασίας τροφίμων Σακχαρουργεία Χαρτοποιεία Κονσερβοποιεία Στερεά απορρίμματα Σφαγεία	Τροφές, άμυλο, βακτήρια, αντιβιοτικά, ίνες χαρτιού, σιρόπια, φαινόλες, αμμωνία, απορρυπαντικά, διαλύτες, μύκητες, παράσιτα	Αυξάνουν το B.O.D. (ελαττώνουν το διαλυτό οξυγόνο) Μερικά είναι τοξικά (αμμωνία, φαινόλες) Ελαττώνουν την οικολογική ποικιλότητα Μερικά προξενούν φαινόμενα ευτροφισμού
Πετρελαιογενής	Διυλιστήρια Ξέπλυμα πετρελαιοδεξαμενών Αυτοκίνητα Διαρροές Τηλεγραφόξυλα Λείανση ασφαλτοδρόμων	Ακατέργαστο πετρέλαιο Πετρέλαιο Άσφαλτος Κριεζώτο Άλλοι υδρογονάνθρακες	Κατά την επαφή νεκρώνουν τα φυτά Εμποδίζουν το πέταγμα, προξενούν υποθερμία και τελικά θανατώνουν τα πουλιά Εμποδίζουν την οξυγόνωση του νερού Ελαττώνουν την οικολογική ποικιλότητα
Αιωρούμενα στερεά	Άργιλος Άμμος, χαλίκια Τσιμεντοβιομηχανίες Κεραμουργεία Σταύλοι Λατομικές εργασίες	Αιωρούμενα στερεά στο νερό	Ελαττώνουν τη διείσδυση του φωτός Μειώνουν το ρυθμό φωτοσύνθεσης Καλύπτουν τους βιότοπους και καταστρέφουν τους βενθικούς οργανισμούς - Εμποδίζουν τη σύλληψη της τροφής και τους μηχανισμούς της αναπνοής των ψαριών, μαλακίων και καρκινοειδών - Ελαττώνουν την οικολογική ποικιλότητα
Αστική	Σπίτια Νοσοκομεία Δρόμοι Βιομηχανίες	Ημίρρευστα στερεά που περιέχουν πολλούς από Τους παραπάνω ρυπαντές (ειδικά μέταλλα και ανόργανα τοξικά και οργανικά λύματα)	Η συνδυασμένη δράση των παραπάνω επιπτώσεων ελαττώνει το διαλυμένο οξυγόνο και την οικολογική ποικιλότητα

5.4 Αποτελέσματα Ρύπανσης

Βακτήρια, ιοί και παράσιτα που συνήθως βρίσκονται στα αστικά και κτηνοτροφικά λύματα μπορούν να προκαλέσουν τη μόλυνση του περιβάλλοντος και να έχουν παθογενείς επιδράσεις [34],[35] στον άνθρωπο (ηπατίτιδα, χολέρα, δυσεντερία κ.ά).

Η επίδραση των ρύπων στα νερά μπορεί να προκαλέσει φυσικές αλλοιώσεις (αύξηση θολερότητας, ελάττωση οξυγόνου κ.ά), οπότε επιβραδύνεται η βιοαποικοδόμηση των οργανικών ουσιών, επηρεάζονται οι τροφικές αλυσίδες και διαταράσσονται τα οικοσυστήματα. Οι χημικές αλλοιώσεις στα νερά μπορεί να προέρχονται από θρεπτικά συστατικά αλλά και από χημικές τοξικές ουσίες. Τα θρεπτικά συστατικά μπορούν να προξενήσουν το φαινόμενο του ευτροφισμού με όλα τα συνοδευτικά φαινόμενά του. Οι τοξικές όμως ουσίες (βαριά μέταλλα, οξέα, αλκάλια, φυτοφάρμακα, παρασιτοκτόνα κ.ά.) συνήθως προκαλούν δηλητηριάσεις στον άνθρωπο, ανάσχεση του ενζυματικού τους ελέγχου, εκλεκτική συσσώρευση ορισμένων ουσιών στους ιστούς των οργανισμών, μορφολογικές μεταβολές, αλλαγή στη συμπεριφορά, καρκινογενέσεις και άλλες βλάβες. Ειδικότερα η ρύπανση από βαριά μέταλλα στα ελληνικά υδάτινα συστήματα θεωρείται σχετικά χαμηλή, αν και έχουν επισημανθεί υψηλές συγκεντρώσεις στους διασυνοριακούς ποταμούς, Αξιό, Έβρο, και στις λίμνες Κορώνεια, Βιστονίδα, Καστοριά και Βεγορίτιδα.

Η ρύπανση από παρασιτικτόνα και ζιζανιοκτόνα προέρχεται κυρίως από τα απόνερα των βιομηχανιών παραγωγής τους και από τις γεωργικές χρήσεις τους. Από αυτές τις ενώσεις οι οργανοχλωριωμένες είναι οι περισσότερο επικίνδυνες, λόγω της σταθερότητάς, της αθροιστικότητας και τοξικότητάς τους

Συνήθως η ρύπανση από πετρελαιοειδή και λάδια στα νερά προέρχεται από ατυχήματα και τις ανεξέλεγκτες απορρίψεις τους στο έδαφος και το νερό. Αυτή η ρύπανση έχει τεράστιες συνέπειες στο φυσικό περιβάλλον και τα υπόγεια νερά. Οι γεωργικές καλλιέργειες και οι γεωργοκτηνοτροφικές δραστηριότητες με την αυξημένη χρήση του νερού, των λιπασμάτων, των φυτοφαρμάκων και την ανεξέλεγκτη απόρριψη των περιπωμάτων των ζώων, εξελίσσονται σε ρυπαντικούς παράγοντες εξαιρετικά σημαντικούς για την ποιότητα των νερών και το φυσικό περιβάλλον. Τα προβλήματα ρύπανσης και αλατοποίησης των εδαφών που δημιουργούνται από αυτές τις δραστηριότητες έχουν σχέση με την υπέρβολική χρήση του νερού, των φυτοφαρμάκων και των λιπασμάτων, με τη διάβρωση του εδάφους, αλλά και την υποβάθμιση ή ρύπανση των υπόγειων υδροφορέων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^{Ο}
ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

6.1 Υδατικό Δυναμικό Νομού Χανίων

Η Κρήτη είναι το μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας, με έκταση 8261, κατ' άλλους 8335, τ.μ., και το πέμπτο της Μεσογείου. Είναι ένα νησί γεμάτο αντιθέσεις. Ο συνολικός πληθυσμός του είναι μεγαλύτερος από 500.000 κατοίκους.

Ο νομός Χανίων καλύπτει το δυτικό τμήμα του νησιού και έχει έκταση 2.376 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Υποδιαιρείται σε πέντε επαρχίες: Σελίνου, Κυδωνίας, Κισάμου, Αποκορώνου και Σφακίων. Οι κυριότερες πόλεις του νομού είναι τα Χανιά, η πρωτεύουσα του νομού, και το Καστέλι στην Κίσαμο. Οι κυριότερες κωμοπόλεις είναι η Παλαιόχωρα και η Κάντανος στο Σέλινο, η Χώρα Σφακίων στα Σφακιά.

Ο Νομός Χανίων διαθέτει ένα σημαντικό υδατικό δυναμικό [36] που οφείλεται τόσο στο μεγάλο ετήσιο ύψος βροχής του, όσο και κυρίως στην ύπαρξη του σημαντικού ορεινού συγκροτήματος των Λευκών Ορέων που δομούνται κατά κύριο λόγο από ανθρακικούς υδροπέρατους σχηματισμούς. Τα ανθρακικά πετρώματα των Λευκών Ορέων είναι έντονα τεκτονισμένα και καρστικοποιημένα, με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο ποσοστό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που πέφτει σ' αυτά να κατεισδύει και στη συνέχεια να κινείται υπόγεια και να εμφανίζει περιμετρικά σε πηγές γλυκού νερού, ενώ παράλληλα δημιουργεί σημαντικούς υπόγειους υδροφορείς.΄Ετσι, με χονδρική εκτίμηση στο Ν. Χανίων μόνο στη Βόρεια παραλία 600 εκατόμμύρια m^3 νερού κινούνται ετήσια επιφανειακά προς τη θάλασσα και άλλα 600 εκατόμμύρια m^3 εισδύουν στους περατούς γεωλογικούς σχηματισμούς των Λευκών Ορέων και στη συνέχεια κινούνται υπόγεια με τελικό αποδέκτη τη θάλασσα της βόρειας παραλίας. Παρά το παραπάνω σημαντικό διαθέσιμο Υδατικό Δυναμικό, ο Νομός μας αντιμετωπίζει σε ορισμένες περιοχές του ελλείμματα μικρά ή μεγάλα, τόσο για τις σημερινές του ανάγκες, όσο και τις μελλοντικές, που κυρίως οφείλονται στην έλλειψη των κατάλληλων ενιαίων έργων που θα το αξιοποιούν και θα αντιμετωπίζουν την άνιση κατανομή του στο χώρο και το χρόνο.

Οι κύριες χρήσεις του νερού στο Ν. Χανίων είναι η αγροτική, η ύδρευση και ο τουρισμός (αναψυχή). Ο Νομός Χανίων έχει σήμερα 150.000 μόνιμους κατοίκους και 50.000 τουριστικές κλίνες και επομένως οι υδατικές ανάγκες ύδρευσης μαζί με τις απώλειές του, είναι 150 Μ3 / κάτοικο Χ 200.000 = 30.000.000 Μ3 ετησίως. ΄Οσον αφορά την άρδευση, η καλλιεργούμενη έκταση στο Νομό μας, είναι 572.805 στρέμματα, από τα οποία, αρδεύονται 251.098, δηλαδή ποσοστό 44,0 % έναντι 37% στο σύνολο της χώρας μας και 42% στο σύνολο της Περιφέρειας Κρήτης. Οι ανάγκες επομένως για πλήρη κάλυψη των αναγκών μαζί με τις απώλειες, είναι 400 Μ3/ έτος Χ 500.000 = 200.000.000 Μ3 ετησίως, ενώ η σημερινή ζήτηση κυμαίνεται στα 100 εκατομ. Μ3 νερού. Συνολικά οι ανάγκες της επόμενης 35ετίας, δηλαδή μέχρι το 2040 εκτιμώνται για πλήρη κάλυψη των αναγκών 200 εκατομ. για άρδευση + 60 εκατομ. για ύδρευση μόνιμων κατοίκων και τουριστικών κλινών = 260 εκατομ. κ. μ. νερού.

6.2 Περιγραφή Πειροχής Μελέτης

Ποταμός, εκβολή ,παράλια Ποταμού Κερίτη

Τοποθεσία: Ο ποταμός Κεριτής βρίσκεται [37] 13 χλμ δυτικά των Χανίων.

Περιγραφή:
Λεκάνη Κερίτη , Κάμπου Χανίων

Η λεκάνη Κερίτη [37] βρίσκεται στο βορειοκεντρικό τμήμα του νομού. Δια μέσου αυτής απορρέει σημαντικός όγκος νερού του καρστικού συστήματος των Λευκών Ορέων (140-150*106 m3/έτος, υδρολογική μελέτη Κάμπου Χανίων).

Ο ποταμός Κερίτης αναφέρεται από τον Όμηρο σαν Ιάρδανος ονομασία που επανέρχεται σήμερα για το κομμάτι της εκβολής του. Ένας μεγάλος ποταμός με αμμωδής όχθες τον οποίο μπορούμε να παρατηρήσουμε από τη γέφυρα. Μονοπάτια οδηγούν προς τη θάλασσα. Η παραλία, η εκβολή του ποταμού και η θαμνώδης έκταση δυτικά και ανατολικά είναι ενδιαφέρουσες περιοχές κατά τη διάρκεια της μμετανάστευσης των πουλιών. Όλη η κοιλάδα έχει ενδιαφέρον λόγω της σημαντικής δενδρώδους ανάπτυξης. Η κοιλάδα του Φασά έχει ενδημικές φτέρες και συστάδες με καστανιές.

Ο ποταμός εμπλουτίζεται με νερά από τις παρακάτω πηγές:

Α. Οι καρστικές πηγές Μεσκλών (Κεφαλοβρύσια, Παναγιά, Νικολιανά). [38]
Η μέση ετήσια απορροή είναι πλέον των $30*10^6$ m^3 νερού (υδρ. Στοιχ. νήσου Κρήτης). Εμφανίζονται σε απόλυτο υψόμετρο 210 m.

Β. Οι καρστικές πηγές υπερχείλισης της Αγυιάς (Καλαμιώνας/Πλάτανος /Κολύμπα . [38]
Εμφανίζονται σε 40m απόλυτο υψόμετρο, στον οικισμό Αγυιά. Το ετήσιο ισοζύγιο των πηγών υπερβαίνει τα $70*10^6$ m^3/έτος, και αποτελεί το ρυθμιστικό αποθεμά τους. Εκτός του ρυθμιστικού αποθέματος υπάρχει στον υδροφορέα και το μόνιμο υδατικό απόθεμα το ύψος του οποίου δεν είναι γνωστό.

Λίμνη Αγυιάς

Πρόκειται για τεχνητή λίμνη, η οποία κατασκευάστηκε από την Δ.Ε.Η. για την ανύψωση της στάθμης των εκροών νερού μετά την υπερχείλιση τους από την υπόγεια δεξαμενή των πηγών Αγιύας. Ο σκοπός της κατασκευής της ήταν υδροηλεκτρικός. Η λίμνη βρίσκεται Β.Δ. των πηγών. Είναι αποθήκη ύδατος μετά την εκροή των πηγών, χωρητικότητας περίπου 350000 m^3 νερού. Η λίμνη δεν επηρεάζει την λειτουργία των καρστικών πηγών. Επηρεάζεται όμως, από την αυξομείωση της στάθμης του καρστικού υδροφορέα. Η λίμνη αποτελεί σημαντικό υδροβιότοπο και είναι ανακηρυγμένη προστατευόμενη περιοχή. Τα προβλήματα επάρκειας νερού που προκύπτουν στην λίμνη τους θερινούς μήνες είναι διαχειριστικά και όχι ουσιαστικά.

Γ. Οι καρστικές πηγές Κουφού. [38]

Οι πηγές βρίσκονται στην θέση Βλυχάδες του Δήμου Μουσούρων. Εμφανίζονται σε 50 m απόλυτο υψόμετρο. Οι πηγές είναι αναριθμησμένες με γεωτρήσεις. Η συνολική αντλούμενη ποσότητα/έτος είναι πλέον των $5*10^6$ m^3/έτος νερού, κυρίως για αρδευτική χρήση. Η δυνατότητα περαιτέρω αναρρύθμιση της είναι δυνατή, διότι δεν έχουν παρατηρηθεί μόνιμες απώλειες υδραυλικού φορτίου. Πιθανότατα οι πηγές έχουν υδραυλική επικοινωνία με τις πηγές του Καλαμιώνα της Αγυιάς (λόγω της χημικής συγγένειας, και υδραυλικής σχέσης που παρουσιάζουν). Οι ενδείξεις αυτές πρέπει να τεκμηριωθούν με ιχνηθετήσεις, ή με κάποια άλλη μέθοδο.

Δ. Καρστικές πηγές Αναβάλλοντα. [38]

Οι πηγές βρίσκονται στις βορειοανατολικές παρυφές της λεκάνης Κερίτη, βόρεια του οικισμού Θέρισος. Εκφορτίζουν σε υψόμετρο 100m με μέσο υδατικό ισοζύγιο $10*10^6$ m^3/έτος(Δ.Ε.Β.). Οι πηγές είναι περιοδικές, και έχουν απορροή από τον μήνα Δεκέμβριο έως και τον Ιούνιο. Η απορροή του νερού γίνεται μέσω του ρέματος Κλαδισού στις δυτικές παρυφές της πόλεως των Χανίων

Ε. Προσχωσιγενής λεκάνη Αλικιανού, Κουφού, Βατολλάκου, Σκινέ. [38]

Πρόκειται για μια εσωτερική προσχωματική λεκάνη, η οποία λειτουργεί σαν ενδιάμεση δεξαμενή ύδατος στο υδρολογικό σύστημα του Κερίτη. Η αντλούμενη ποσότητα νερού είναι περί τα 1000 m^3/h ή 4*10^6 m^3/έτος, συμπεριλαμβανόμενης και της ύδρευσης. Η δυνατότητα αύξησης της απολήψιμης ποσότητας νερού είναι δυνατή, διότι δεν παρατηρούνται μόνιμες απώλειες υδραυλικού φορτίου.

.

Εικ.14 α, β *Ποταμός Κεριτής*

6.3 Γεωλογική περιγραφή της ευρύτερης περιοχής των Χανίων

Οι στρωματογραφίες και τεκνονικές ενότητες που αποτελούν την γεωλογική δομή του νομού Χανίων [39], αρχίζουν από τις νεότερες στις παλαιότερες.

Οι Τεταρτογενείς αποθέσεις αποτελούνται από χαλαρά αργιλοαμμώδη υλικά πηλούς, ψαμμίτες, κροκάλες -λατύτες ποικίλης σύστασης ,αναλόγως με την προέλευση τους, ασύνδετες έως συνεκτικά συνδεδεμένες καθώς και από υλικά του αλλουβιακού μανδύα. Η εμφάνιση τους γίνεται κυρίως σε απολήξεις λεκανών ανοικτών προς τη θάλασσα, στις μείζονες κοίτες των ποταμών, σε μικρές εσωτερικές λεκάνες καθώς και σε μορφή πλευρικών κορημάτων και αναβαθμίδες χειμάρρων.

Νεογενείς αποθέσεις αποτελούνται από εναλλασσόμενα στρώματα κίτρινων-κιτρινόλευκων μάργων με κλαστικούς μαργαικούς ασβεστολίθους, συχνά βιογενείς – υφαλογενείς, ομοιόμορφα στρωμένους που το πάχος τους κυμαίνεται από εκατοστά έως ένα δύο μέτρα.

Επίσης εντός των αποθέσεων αυτών συναντώνται και μαργαικοί ψαμμίτες, άμμουδες, άργιλοι, λατύπες και κροκαλοπαγή. Τα κορoκαλοπαγή-λατυποπαγή εμφανίζονται κυρίως στην περιοχή Χοιροσπηλίου νοτιότερα της Αγιάς και την περιοχή Τοπολίων. Χαρακτηριστικό τους γνώρισμα η έντονη συνεκτικότητα την οποία παρουσιάζουν κυρίως ανθρακικης προέλευσης, με ανθρακικό συνδετικό υλικό.

Τεκνονικό κάλυμμα της ζώνης Πίνδου οι ανθρακικοί σχηματισμοί του τεκνονικού αυτού καλύμματος παρουσιάζονται με μικρή επιφανειακή ανάπτυξη στο νομό Χανίων. Εμφανίζονται βορειοδυτικά του νομού και πιο συγκεκριμένα στη ευρύτερη περιοχή Καστελίου καθώς και στην ευρύτερη περιοχή της Παλαιοχώρας. Αποτελούνται από πελαγικούς ασβεστολίθους με παρεμβολές κερατολίθων.

Τεκνονικό κάλυμμα της ζώνης Τρίπολης οι σχηματισμοί της ενότητας αυτής καταλαμβάνουν σχετικά μεγάλη έκταση στο νομό Χανίων .Είναι συνηθισμένο φαινόμενο να είναι επωθημένοι αυτοί οι σχηματισμοί, είτε στην ενότητα Ταλέα Όρη-Πλακώδεις ασβεστολίθοι,είτε στην ενότητα των Φυλλιτών-Χαλαζίτων.

Αποτέλεσμα είναι να εμφανίζονται οι σχηματισμοί της ζώνης Τρίπολης στην βάση τους κατακερματισμένοι λόγω τεκνονισμού. Οι σχηματισμοί της ενότητας που βρίσκονται στα χαμηλότερα στρώματα συνίστανται από δολομίτες-δολομιτικούς ασβεστολίθους παχυστρωματώδεις μέχρι άστρωτους,έντονα τεκνονισμένους και καρστικοποιημένους με σπηλαιώδη υφή. Το χρώμα τους κυμαίνεται από τεφρό έως τεφρόλευκο.

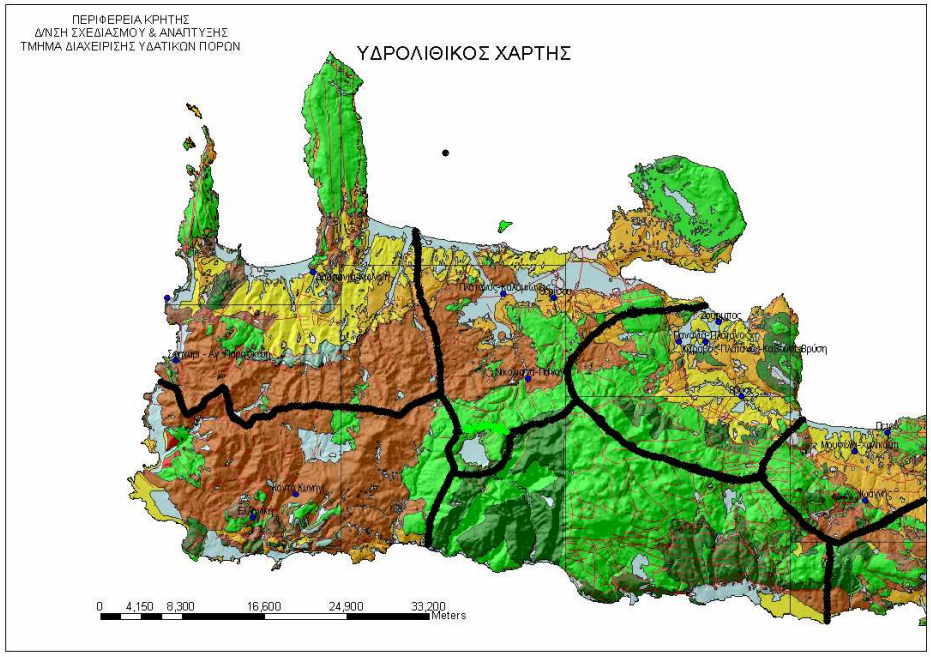
6.3 Γεωλογία Λεκάνης Απορρής Κερίτη [40]

Η υδρολογική λεκάνη Κερίτη έχει έκταση περί τα 176 km^2. Το μεγαλύτερο τμήμα της υδρολογικής λεκάνης, 75km^2 περίπου αναπτύσσεται σε ανθρακικούς σχηματισμούς,ενώ οι φυλιτικοί χαλαζιτικοί σχηματισμοί καλύπτουν περί τα 63km^2. Στο κατάντη τμήμα της λεκάνη αναπτύσσονται οι νεογενείς σχηματισμοί κυρίως μάργες και κροκαλοπαγή σε έκταση περίπου 16km^2.Η υπόλοιπη έκταση περίπου 22km^2 αντιστοιχεί στις σύγχρονες αλλουβιακές αποθέσεις κροκάλων,άμμων και αργίλων, κυμαινόμενου πάχους που κατά θέσεις ξεπερνά τα 100μ.

Οι ανθρακικοί σχηματισμοί που αναπτύσσονται στα νότια και ανατολικά τμήματα της λεκάνης επεκτείνονται και εκτός της υδρολογικής λεκάνης. Στην υδρολογική λεκάνη του Κερίτη συναντώνται μεγάλες εκφορτίσεις καρστικών πηγών.

Υπόβαθρο των σύγχρονων αποθέσεων αποτελούν τόσο οι σχηματισμοί των φυλλιτών-χαλαζιτών όσο και νεογενείς αποθέσεις του Μειοκαίνου.

Κατά θέσεις συναντώνται ζώνες αδρομερούς υλικού που πιθανόν να συνδέονται με παλαιές κοίτες του Κερίτη ποταμού. Είναι πιθανόν η επιφανειακή αποστράγγιση της όλη λεκάνης να γινόταν προς τον κάμπο Χανίων. Υπέρ της άποψης αυτής συνηγορούν τόσο το μικρό πάχος των αποθέσεων του Κερίτη στην περιοχή Πατελαρίου όπως και η δυσκολία καθορισμού του υδροκοίτη στην περιοχή μεταξύ λεκανών απορροής Κερίτη και Κλαδισσού.



Εικ. 15. *Υδρολογικός χάρτης Δυτικής Κρήτης με τις λεκάνες απορροής* [38]

Πίν. 10. *Υγρότοποι που βρίσκονται στη λεκάνη απορροής του ποταμού Κερίτη[38], [40]*

Όνομα υγροτόπου	Τύπος υγροτόπου
Πλατανιάς	Εκβολή ποταμού μόνιμης ροής
Ιάρδανος	Ποτάμι μόνιμης ροής
Κερίτης	Ποτάμι περιοδικής ροής (με κολύμπες)
Ξεκωλωμένος κάτω τμήμα	Ποτάμι μόνιμης ροής
Καλαμιώνας Αγιάς	Πηγές γλυκού νερού
Ξεκωλωμένος άνω τμήμα	Ποτάμι μόνιμης ροής
Φυλακές Αγιάς	Εποχιακό έλος γλυκού νερού
Αλικιανός	Φραγμολίμνη σε σχεδιασμό
Αγιά	Φραγμολίμνη

6.5 Λίμνη Αγιά

Η περιοχή του υγρότοπου της Αγιάς [41] βρίσκεται παρά τον ομώνυμο οικισμό του Ν. Χανίων, κοντά στην πόλη των Χανίων, σε απόσταση 9,3Km, νότια της βόρειας ακτής. Η περιοχή του υγρότοπου «Αγιάς» του προγράμματος Life / Δυτ. Κρήτης, περιλαμβάνει κυρίως τον υγρότοπο Αγιάς με την λίμνη, τις πηγές της, και τα παρόχθια συστήματα της. Ο υγρότοπος της Αγιάς είναι η «καρδιά» ενός μεγαλύτερου υγρότοπου που περιλαμβάνει και τον ποταμό Κερίτη μέχρι τις εκβολές του. Στην περιοχή NATURA 2000 περιλαμβάνεται στο συνολό του με τα παρακάτω στοιχεία.

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ: 230 56΄ 0 ΠΛΑΤΟΣ: 350 28΄ 0
ΕΚΤΑΣΗ: 410 ha
ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΕΛΑΧΙΣΤΟ: 0 ΜΕΓΙΣΤΟ: 200 ΜΕΣΟ: 30

Ως υγρότοπος έχει καταχωρηθεί στην ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΥΓΡΟΤΟΠΩΝ - ΕΚΒΥ με τα εξής στοιχεία.

ΛΙΜΝΗ ΑΓΙΑΣ
ΚΩΔΙΚΟΣ: 434376000
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ: 230 55΄ 00΄΄ ΠΛΑΤΟΣ: 350 29΄ 00΄΄
ΕΚΤΑΣΗ: 7 ha
ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΑΠΟ ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ 80m
ΤΥΠΟΣ ΥΓΡΟΤΟΠΟΥ: RESERVOIR.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^{Ο}
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ & ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

7.1 Δειγματοληψία & Διατήρηση Δειγμάτων

Η σημασία της δειγματοληψίας [42] στον έλεγχο των νερών είναι μεγάλη. Το δείγμα πρέπει πάντοτε να ανταποκρίνεται στην κατάσταση που είναι αντιπροσωπευτική στο συγκεκριμένο χώρο και χρόνο της δειγματοληψίας. Για το λόγο αυτό λαμβάνονται πάντοτε τα κατάλληλα μέτρα για σωστή δειγματοληψία είτε πρόκειται για ένα μεμονωμένο δείγμα είτε για σειρές δειγμάτων. Οι κυριότερες απαιτήσεις που πρέπει να πληρούνται για μια σωστή και αντιπροσωπευτική δειγματοληψία είναι:

- Το δείγμα να είναι αντιπροσωπευτικό της πραγματικής κατάστασης του περιβάλλοντος
- Να μην αλλοιώνεται η σύσταση του δείγματος κατά την δειγματοληψία
- Να επιτρέπεται η διατήρηση του δείγματος για όσο το δυνατό μεγαλύτερο χρονικό διάστημα
- Να μπορεί να επαναλαμβάνεται έτσι ώστε να έχουμε συγκρίσιμα αποτελέσματα
- Να είναι φτηνή και απλή.
- Πέρα απ' αυτούς, στην περίπτωση των επιφανειακών νερών, θα πρέπει να προβλεφθούν και
- τα παρακάτω:
- Επιλογή των κατάλληλων σημείων δειγματοληψίας.
- Επιλογή των παραμέτρων που θα μετρηθούν επί τόπου.
- Επιλογή των κατάλληλων δοχείων για μεταφορά των δειγμάτων.
- Προκατεργασία και συντήρηση των δειγμάτων, όταν αυτό επιβάλλεται από το
- είδος του ελέγχου.
- Καταγραφή των απαραίτητων περιβαλλοντικών παραμέτρων τη στιγμή της δειγματοληψίας.

Η εφαρμογή των παραπάνω κανόνων άλλοτε είναι απλή και εύκολη, π.χ. δειγματοληψία στην έξοδο ενός αγωγού αποβλήτων ή λυμάτων και άλλοτε είναι πολύπλοκη και δύσκολη, π.χ. δειγματοληψία σε υπόγεια νερά ή σε θαλάσσιο αποδέκτη.

Γενικά, η διαδικασία της δειγματοληψίας διαφέρει ανάλογα με τους στόχους και τους λόγους για τους οποίους γίνεται. Το ίδιο ισχύει και για τους περιβαλλοντικούς παράγοντες που καταγράφονται. Για το λόγο αυτό, τα διάφορα στάδια και τεχνικές που εφαρμόζονται στη δειγματοληψία των νερών θα περιγραφούν χωριστά για τις διάφορες κατηγορίες νερών.

Τα δείγματα χωρίζονται σε :

1. στιγμιαίο δείγμα
2. σύνθετο δείγμα
3. ολοκληρωμένο δείγμα

Τα δείγματα που συλλέξαμε κατατάσσονται στην κατηγορία των στιγμιαίων δειγμάτων. Το στιγμιαίο δείγμα (Grab Catch sample): είναι ένα δείγμα που συλλέγεται από ένα καθορισμένο σημείο δειγματοληψίας και αντιπροσωπεύει τη σύσταση του νερού στο σημείο εκείνο για το συγκεκριμένο χρόνο. [43]

7.1.1 Μεταφορά & Συντήρηση Δειγμάτων

Η μεταφορά των δειγμάτων [42] από τα σημεία της δειγματοληψίας στο Εργαστήριο, όπου θα γίνουν οι αναλύσεις, γίνεται σε ειδικά δοχεία. Τα δοχεία δειγματοληψίας, όπως ονομάζονται,είναι κατασκευασμένα από ύαλο Pyrex, από πολυαιθυλένιο, από Tef1on, από Plexiglass, από ευγενή μέταλλα κ.ά. Κατά τη διεξαγωγή της εργασίας χρησιμοποιήσαμε δοχεία από Teflon καλυμμένα από μαύρη νάιλον σακούλα έτσι ώστε να μην διαπερνάει το ηλιακό φως το δείγμα με αποτέλεσμα να το αλλοιώνει.

Η επιλογή του υλικού από το οποίο κατασκευάζονται τα δοχεία δειγματοληψίας, εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του δείγματος, και τις παραμέτρους που θέλουμε να προσδιορίσουμε. Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή αυτή είναι οι προσροφητικές ιδιότητες των επιφανειών των δοχείων και οι προσμίξεις που ενδέχεται να περιέχονται στο υλικό κατασκευής. Το δοχεία από ύαλο έχουν τα παρακάτω μειονεκτήματα:

- Εμφανίζουν ιονανταλλακτικές ιδιότητες. Έτσι, είναι δυνατό να μεταβάλλουν τις συγκεντρώσεις ορισμένων κατιόντων του δείγματος.
- Αυξάνουν τη συγκέντρωση των πυριτικών και ελαττώνουν τη συγκέντρωση των φθοριούχων.
- Προκαλούν μικρή αύξηση του pH.
- Είναι εύθραυστα.

Τα δοχεία από πολυαιθυλένιο βρίσκουν όλο και περισσότερες εφαρμογές στη μεταφορά δειγμάτων μια και είναι πιο εύκολα στο χειρισμό απ' ότι τα γυάλινα. Αντενδείκνυνται όμως για τη μεταφορά δειγμάτων στα οποία πρόκειται να προσδιοριστούν φυτοφάρμακα, πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες, λίπη-έλαια, φωσφορικά, φθοριούχα και βορικά.

Τα δοχεία δειγματοληψίας πρέπει να καθαρίζονται σχολαστικά πριν από τη χρήση τους, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος επιμόλυνση ς του δείγματος. Ο καθαρισμός συνήθως γίνεται με απορρυπαντικό και νερό της βρύσης και ακολουθούν επανειλημμένες εκπλύσεις με διπλά απιονισμένο νερό. Σε μερικές περιπτώσεις τα δοχεία ξεπλένονται με διάλυμα HN03(l+1) ή αλκοολικό διάλυμα HCI.

Στο φωτογραφία 1 απεικονίζονται ο τύπος δειγματολήπτη που χρησιμοποιήσαμε.

7.1.2 Προεκατεργασία - διατήρηση δείγματος

Οι περισσότερες από τις παραμέτρους ελέγχου της ποιότητας και του βαθμού ρύπανσης των νερών προσδιορίζονται σε ειδικά εργαστήρια [42]. Από τις παραμέτρους αυτές, άλλες επηρεάζονται στο χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από τη δειγματοληψία μέχρι το εργαστήριο και άλλες όχι. π.χ. οι οργανοχλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, τα θειικά, φθοριούχα και βορικά ιόντα είναι σταθερά και η συγκέντρωση τους παραμένει σταθερή για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς καμία προκατεργασία των δειγμάτων. Αντίθετα, οι φωσφορικοί εστέρες (εντομοκτόνα), οι φαινόλες, τα κυανούχα, τα θειούχα και αμμωνιακά ιόντα κ.ά. δεν είναι σταθερά και η συγκέντρωση τους μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου.

Η μεταβολή της τιμής των παραμέτρων κατά την παραμονή των δειγμάτων μπορεί να αποφευχθεί με κατάλληλη προκατεργασία των δειγμάτων π.χ., προσθήκη διαλύματος οξικού ψευδαργύρου στο δείγμα αποτρέπει την αλλοίωση των θειούχων. Γενικά, μετά τη δειγματοληψία ακολουθεί αμέσως διήθηση των δειγμάτων από φίλτρο μεμβράνης διαμέτρου πόρων 0.45 μ. Το φίλτρο αυτό έχει καθιερωθεί διεθνώς, έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων.

Τα αιωρούμενα σωματίδια που συγκεντρώνονται στον ηθμό μπορούν στη συνέχεια να διαλυτοποιηθούν για να προσδιοριστούν διάφορα συστατικά τους, κυρίως μέταλλα, Το διήθημα αποτελεί την υγρή φάση στην οποία και εκτελούνται οι διάφοροι προσδιορισμοί των παραμέτρων ελέγχου ποιότητας και βαθμού ρύπανσης των νερών, Ανάλογα με τη φύση των παραμέτρων που πρόκειται να προσδιοριστούν, γίνεται και η κατάλληλη προκατεργασία των δειγμάτων.

7.2 Δειγματοληψία Επιφανειακών Νερών

Η ανάλυση δειγμάτων επιφανειακών νερών μας δίνει σημαντικές πληροφορίες για όλα τα συστατικά των οικοσυστημάτων π.χ. για τα ίδια τα νερά, για τους ζώντες οργανισμούς και για τα ιζήματα που σχηματίζονται από ανόργανα συστατικά ή *από* οργανισμούς ζώντες ή νεκρούς. Ως επιφανειακά νερά θεωρούμε τις θάλασσες, τους ωκεανούς, τις λίμνες, τα ποτάμια, τα έλη. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη δειγματοληψία επιφανειακών νερών είναι απλές, ιδιαίτερα όταν πρόκειται να πάρουμε δείγμα από την επιφάνεια του νερού [42].

7.2.1 Επιφανειακά δείγματα

Το δοχείο, με τη βοήθεια σχοινιού φέρεται στην επιφάνεια του υδάτινου όγκου βυθίζεται κατάλληλα και ανασύρεται γεμάτο με το δείγμα. Στη συνέχεια, το δείγμα μεταφέρεται στο κατάλληλο δοχείο ή αν έχουμε χρησιμοποιήσει *απ'* ευθείας κατάλληλο δοχείο, τότε απλά πωματίζουμε το δοχείο. Κατόπιν, μεταφέρουμε το δείγμα στο εργαστήριο για ανάλυση. Εννοείται ότι εκτελούνται όλες οι απαιτούμενες προκατεργασίες για τη σωστή συντήρηση του δείγματος.

7.2.2 Υπο- επιφανειακά δείγματα

Η λήψη μεμονωμένων δειγμάτων επιφανειακών νερών *από* διάφορα βάθη γίνεται και με ειδικά δοχεία ή δειγματολήπτες. Για το σκοπό αυτό, στον πυθμένα του δοχείου υπάρχει βαρίδιο και με τη βοήθεια σχοινιού, βυθίζεται στο νερό μέχρι το επιθυμητό βάθος. Στη συνέχεια, με ένα άλλο ειδικό σχοινί ανοίγει το στόμιο του δοχείου και εισέρχεται το νερό. Όταν το δοχείο γεμίσει με νερό, ανυψώνεται, πωματίζεται και μεταφέρεται στο εργαστήριο, μετά την κατάλληλη προεκατεργασία.

7.3 Δειγματοληψία Ποταμών

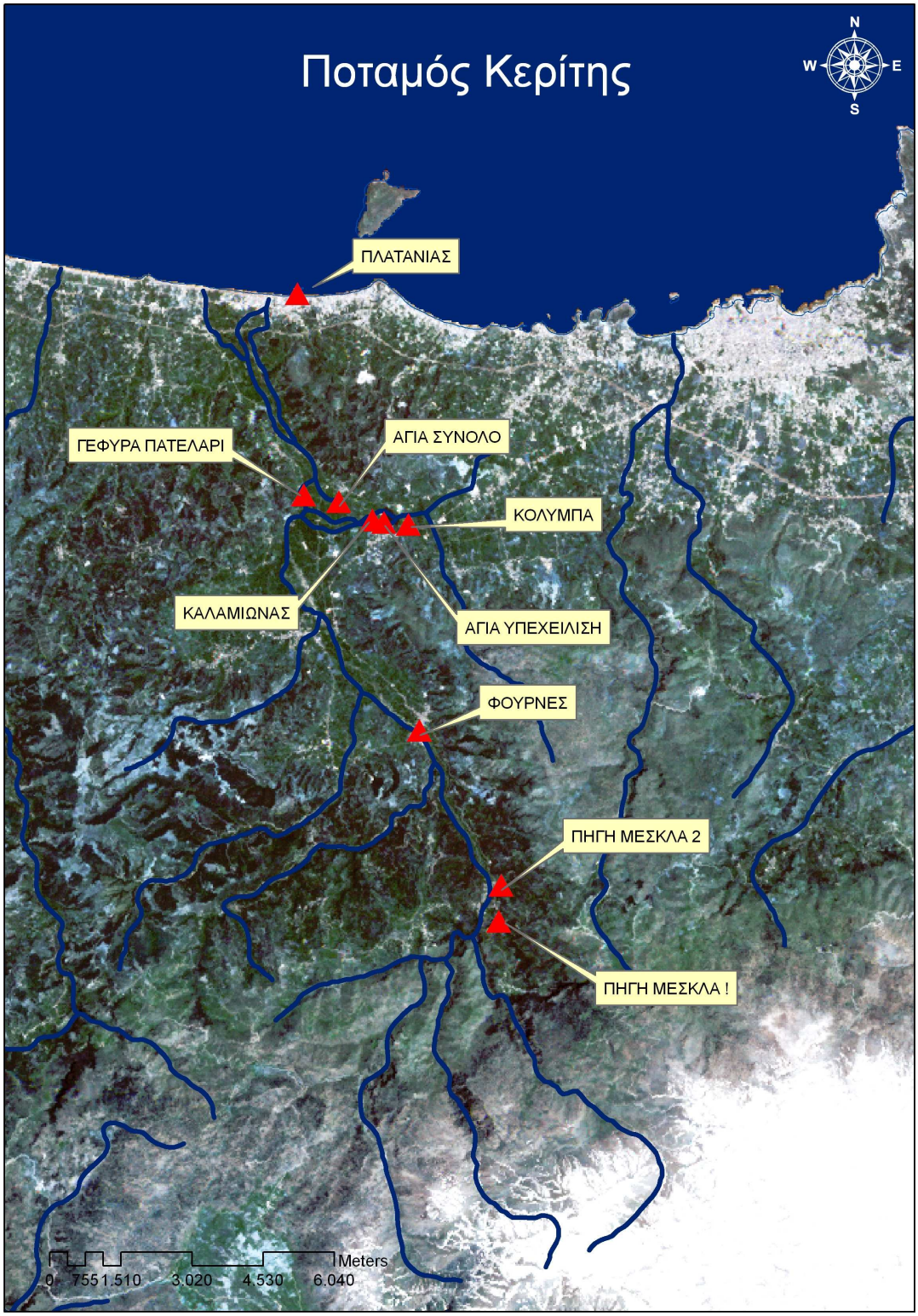
Η λήψη δειγμάτων νερού, ποταμού [42] (ή ακόμη από ρυάκια, κανάλια, χείμαρρους, κ.ά.) παρουσιάζει ιδιαιτερότητες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Η ποιότητα του νερού μεταβάλλεται σημαντικά τόσο κατά μήκος του ποταμού, *όσο* και σε πολλές περιπτώσεις κατά το πλάτος του. Επίσης παρατηρούνται και σημαντικές μεταβολές της ποιότητας των νερών ανάλογα με τη χρονική περίοδο. Έτσι, *π.χ.* μετά από βροχοπτώσεις στη λεκάνη απορροής ενός ποταμού η ποιότητα των νερών μεταβάλλεται σε πολύ μεγάλο ποσοστό. Αν οι βροχοπτώσεις σημειωθούν μετά την περίοδο χρήσης λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, τότε θα παρατηρηθούν αυξημένες συγκεντρώσεις των ουσιών αυτών στα νερά των ποταμών. Οι παραπάνω λόγοι επιβάλλουν την ανάγκη για ένα καλό προγραμματισμό δειγματοληψιών.

Όσο πιο μεγάλο είναι το πλάτος του ποταμού, τόσο η ανάγκη για ταυτόχρονη δειγματοληψία σε περισσότερα σημεία κατά πλάτος είναι απαραίτητη. Τα δείγματα λαμβάνονται πάντοτε από τα κινούμενα νερά του ποταμού. Όταν υπάρχουν παράλληλα ρεύματα μέσα στην κοίτη του *πο*-ταμού, τότε η δειγματοληψία γίνεται: είτε από το μεγαλύτερο ρεύμα, είτε από όλα τα ρεύματα μετρώντας ταυτόχρονα, αν είναι δυνατό, και την παροχή του κάθε ρεύματος. Στη δεύτερη περίπτωση είναι δυνατόν τα δείγματα να μπορούν να ενωθούν αναλογικά προς την παροχή του κάθε ρεύματος και να σχηματίσουν ένα ολοκληρωμένο δείγμα.

Η επιλογή των σημείων δειγματοληψία κατά μήκος ενός ποταμού καθορίζεται από διάφορους παράγοντες από τους οποίους οι κυριότεροι είναι:

- Η λεκάνη απορροής του ποταμού.
- Τα σημεία όπου εισέρχονται οι παραπόταμοι.
- Τα σημεία όπου πιθανόν αποχετεύονται πόλεις ή χωριά.
- Τα σημεία απ' όπου γίνεται υδροληψία είτε για υδροδότηση κατοικημένων περιοχών, είτε για άρδευση.

Στα πλαίσια της εργασίας πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες από 9 σημεία κατά μήκος του ποταμού. Οι δειγματοληψίες είχαν διάρκεια ένα χρόνο από τις 5/05/04 έως 4//05/05. Τα σημεία δειγματοληψίας συνολικά φαίνονται στην εικόνα 17 ενώ στις εικόνες 17, 18, 19 φαίνεται ο τρόπος πραγματοποίηση της δειγματοληψίας και τα σημεία δειγματοληψίας με το περιβάλλοντα χώρο.



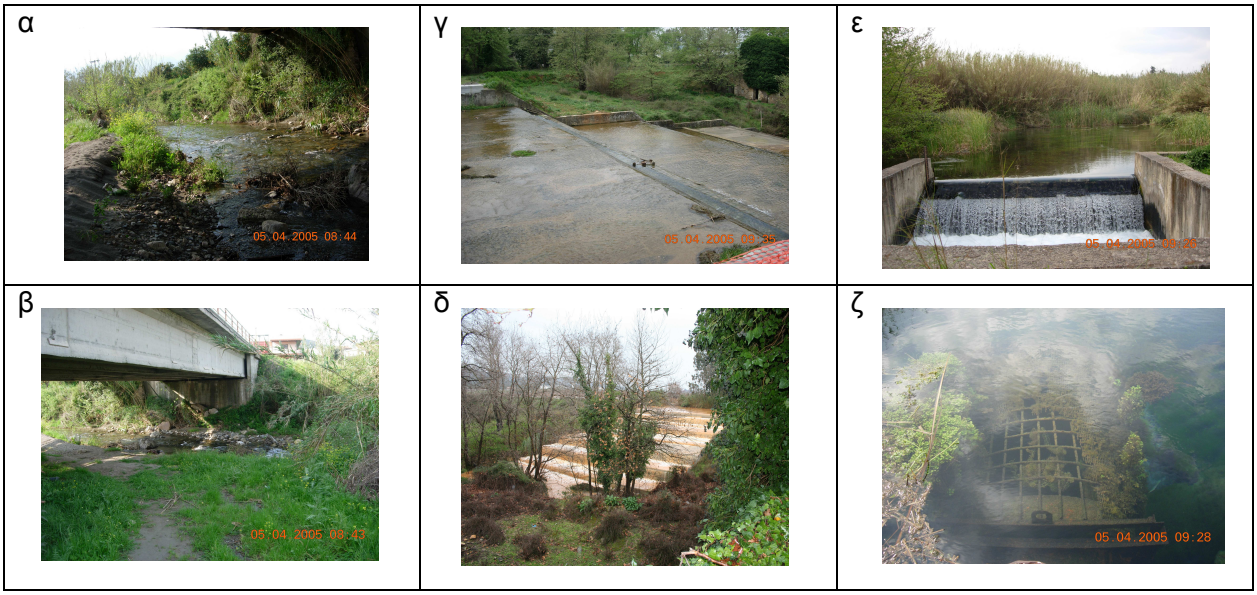
Εικ. 16. *Δορυφορική εικόνα της λεκάνης Κερίτη με τα σημεία δειγματοληψίας*

α γ

β δ

Εικ.17 *α) δειγματοληψία με το χέρι, β) δειγματοληψία με χρήση πλαστικού δοχείου προσαρμοσμένο σε μεταλλική πτυσσόμενη ράβδο γ) πλαστικό δοχείο δειγματοληψίας δ) κατακόρυφος γυάλινος δειγματολήπτης για λήψη δείγματος σε ελεγχόμενο βάθος*

Εικ.18. *Σημεία δειγματοληψίας α, β) Πλατανιάς γ, δ) Πατελαρι ε, ζ) Αγιά σύνολο*



Εικ.19 *α, β) Φουρνές γ, δ) Αγιά Υπερχείλιση ε, ζ) Πηγή Καλαμιώνας*

α

γ

β

δ

Εικ. 20 *α, β) Πηγή Μεσκλά 1 γ, δ) Πηγή Κολύμπα*

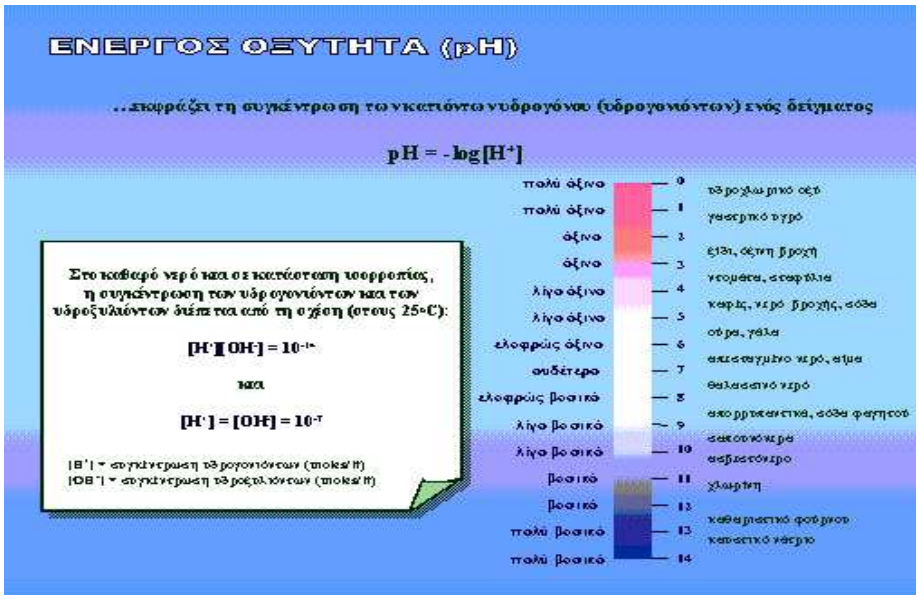
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^{Ο}
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ , ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

8.1 Ενεργός οξύτητα (pH)

Η ενεργός οξύτητα [44] εκφράζει τη συγκέντρωση των κατιόντων υδρογόνου (υδρογονιόντων) ενός δείγματος. Το pH ενός δείγματος ισούται με την αρνητική λογαριθμική συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου στο δείγμα (-log[H+]). Η κλίμακα μέτρησης του pH είναι από 0 ως 14. Η τιμή 7 αντιστοιχεί σε ουδέτερα δείγματα.

Τιμές μικρότερες του 7 υποδεικνύουν υπεροχή υδρογονιόντων (οξύτητα) στο δείγμα, ενώ τιμές μεγαλύτερες από 7 αντιστοιχούν σε αλκαλικά δείγματα (υπεροχή υδροξυλιόντων), (εικ.21.)

Τα φυσικά νερά έχουν τιμές pH που κυμαίνονται μεταξύ των 4-9 μονάδων, ενώ τιμές 6,5-8,5 είναι στις περισσότερες περιπτώσεις οι καταλληλότερες για τους υδρόβιους οργανισμούς. Η ενεργός οξύτητα του νερού εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την αλατότητα (παρουσία ανιόντων θείου, χλωρίου κ.ά., μεταλλικών κατιόντων ασβεστίου, μαγνήσιου κ.ά.), τις συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα και του οξυγόνου, καθώς και από τη μεταβολική δραστηριότητα των υδρόβιων οργανισμών (φωτοσύνθεση, αναπνοή) και τη χημική αποσύνθεση των οργανικών ουσιών .



Εικ.21 *Ενεργός οξύτητα - Παραδείγματα ουσιών με διαφορετικές τιμές pH [44]*

8.1.1 Μέτρηση

Το pH μετριέται είτε με χρωματομετρική μέθοδο είτε με ηλεκτρομετρική μέθοδο. Στη διάρκεια των αναλύσεων που διεξέγαμε η μέτρηση του pH έγινε ηλεκτρομετρικά.

Κατά τη μέθοδο αυτή μετράται η διαφορά δυναμικού του διαλύματος και αντιστοιχίζεται σε τμές pH από 1 έως 14, δεν επηρεάζεται από έγχρωμα διαλύματα. Η ύπαρξη οξειδωτικών ή αναγωγικών ουσιών, διασπαρμένα κολλοειδή ή θολότητα του δείγματος. Πάντα λαμβάνουμε υπόψη τη θερμοκρασία κατά τη μέτρηση.

Το όργανο που χρησιμοποιήσαμε ήταν το CONSORT και το HACH *sension^{TM} 156*

Εικ.22 *Πολυόργανο HACK sension^{TM} 156 μαζί με τα ηλεκτρόδια του.*

8.2 Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα [45] του νερού είναι η ικανότητά του να μεταφέρει - άγει ηλεκτρικά φορτία. Η ικανότητα αυτή εξαρτάται από την παρουσία ιόντων, από τη συγκέντρωσή τους, την ευκινησία, το σθένος και τη θερμοκρασία.

Απότομη αύξηση της αγωγιμότητας του νερού του ποταμού αποτελεί ένδειξη ρύπανσης. Η αύξηση της αγωγιμότητας συνδέεται με την ενηλικίωση (παλαίωση) μιας υδάτινης μάζας εξαιτίας της αύξησης των θρεπτικών συστατικών της (ευτροφισμός). Όσο μεγαλύτερη είναι η αγωγιμότητα στα γλυκά νερά τόσο μεγαλύτερη είναι η βιολογική παραγωγικότητα. Συνήθως στα φυσικά γλυκά νερά η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμαίνεται από 50 - 1500 μS/cm (μονάδα αγωγιμότητας είναι το mhos/cm, δηλαδή το αντίστροφο της αντίστασης (ohm ή το Siemens/m).

Σε μερικά βιομηχανικά απόβλητα η τιμή υπερβαίνει τα 10.000 μS/cm. Η λίμνη Τριχωνίδα ως ολίγο - μεσότροφη λίμνη εμφανίζει τιμές από 40 - 380 μS/cm, η μικρή Πρέσπα από 60 - 520 μS/cm, η Κορώνεια από 1150 - 1660 μS/cm, η λίμνη Καστοριάς 300 - 340 μS/cm. Αύξηση της θερμοκρασίας επηρεάζει θετικά την τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Αυτό συμβαίνει επειδή η αύξηση της θερμοκρασίας επιταχύνει τη διάσταση των ηλεκτρολυτών (υδατικά διαλύματα οξέων - βάσεων - αλάτων). Για να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα, ανεξάρτητα από την εποχή και το βάθος που γίνεται η μέτρηση, είναι καλό η τιμή της αγωγιμότητας να ανάγεται σε θερμοκρασία 25 ^{0}C.

EC (σε θερμοκρασία 25^{0}C) = EC(t) / [1+0,019(t - 25)]

8.2.1 Μέτρηση

Η μέτρηση της αγωγιμότητας γίνεται με ειδικά όργανα γνωστά ως αγωγιμόμετρα. Τα όργανα αυτά μετρούν την αντίσταση του διαλύματος ή την τάση του εναλλασσόμενου ρεύματος. Τα αγωγιμόμετρα συνήθως, αποτελούνται από μια πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος, μια γέφυρα Wheatstone και ανά κύτταρο αγωγιμότητας και δίνουν απευθείας την τιμή αγωγιμότητας. [42]

Κατά την μέτρηση ,μετριέται η ειδική αντίσταση ή η ειδική αγωγιμότητα ενός κύβου νερού που βρίσκεται μεταξύ δύο παράλληλων ηλεκτροδίων πλατίνας (ή καλυμμένων με μαύρο πλατίνας).

Το όργανο που χρησιμοποιήσαμε για την μέτρηση της αγωγιμότητας στην παρούσα εργασία ήταν το HACH (session 156) (Εικ.22). Βαθμονομούμε το όργανο σύμφωνα με τις οδηγίες χρήσεως του. Σε ένα γυάλινο δοχείο έχουμε τοποθετήσει 200ml από το δείγμα που

θέλουμε να μετρήσουμε. Το ηλεκτρόδιο ξεπλένεται με απιονισμένο νερό και στη συνέχεια με το δείγμα που θα εξεταστεί. Βυθίζουμε το ηλεκτρόδιο στο δείγμα και περιμένουμε μέχρι να εμφανιστεί η ένδειξη μέτρησης στο όργανο. Ανακατεύουμε για να είναι τι δείγμα μας πιο ομογενές και περιμένουμε την ένδειξη στην οθόνη του οργάνου. Η ένδειξη που παίρνουμε είναι σε mS.

8.3 Διαλυμένο οξυγόνο ή DO

Οι υδρόβιοι οργανισμοί, φυτά και ζώα, οφείλουν την επιβιωσή τους στο διαλυμένο οξυγόνο [44]. Ο προσδιορισμός του περιεχόμενου διαλυμένου οξυγόνου είναι ίσως ο πιο σημαντικός παράγοντας για να μετρήσουμε την ποιότητα του νερού ενός ρεύματος μια λίμνης, μιας κλειστής ή ρηχής θάλασσας ή οποιαδήποτε άλλης επιφανειακής υδάτινης μάζας.

Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό αποτελεί αναμφισβήτητο δείκτη της κατάστασης και της βιωσιμότητας των ποταμών και όχι μόνο. Η ανάπτυξη των περισσότερων μορφών ζωής (ζωικών, φυτικών, μυκήτων, πρώτιστων και βακτηρίων) προϋποθέτει την παρουσία οξυγόνου. Η καύση των οργανικών ουσιών (κυρίως σακχάρων και λιπαρών οξέων), **η κυτταρική αναπνοή**, εξασφαλίζει την απαραίτητη για την επιβίωση, ανάπτυξη και αναπαραγωγή ενέργεια στην πλειονότητα του έμβιου κόσμου. Η παρακάτω αντίδραση περιγράφει συνοπτικά την καύση της γλυκόζης, της πιο άμεσης πηγής ενέργειας:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_6 + 6H_2O + \text{ενέργεια}$$

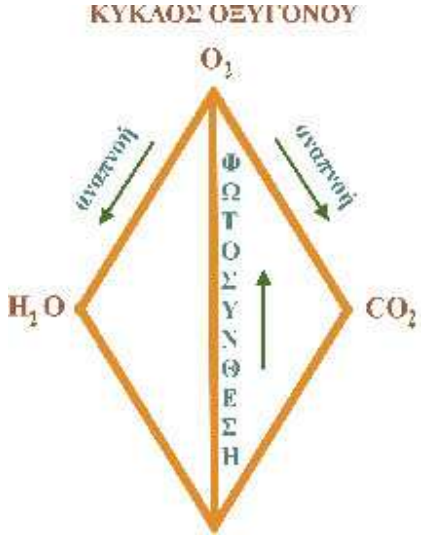
Ο εμπλουτισμός της λίμνης σε οξυγόνο γίνεται μέσω:

- διάχυσής του ατμοσφαιρικού οξυγόνου στο νερό τοποταμού
- φωτοσυνθετικής παραγωγής οξυγόνου από τα ανώτερα υδρόβια φυτά, το φυτοπλαγκτόν και το περίφυτον

$$6CO_6 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O$$

Το μεγαλύτερο ποσοστό του οξυγόνου που υπάρχει στον αέρα και στο νερό σχηματίστηκε στο πέρασμα των γεωλογικών αιώνων από τους αυτότροφους οργανισμούς μέσω της φωτοσύνθεσης. Το οξυγόνο είναι ένα διαυγές, χωρίς χρώμα οσμή και γεύση αέριο, το οποίο διαλύεται μέχρι ένα ορισμένο όριο στο νερό. Το οξυγόνο που βρίσκεται διαλυμένο στο νερό προέρχεται το περισσότερο από την ατμόσφαιρα και για αυτό η ποσότητα του εξαρτάται από την κινητικότητα των υδάτων .Το νερό ενός ποταμού περιέχει οξυγόνο περισσότερο από ότι μίας λίμνης. Το υπόλοιπο οξυγόνο προέρχεται από τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης.

Σε γενικές γραμμές το οξυγόνο διαλύεται εύκολα στο νερό. Τα δίπολα του νερού μετατρέπουν τα μη πολικά μόρια του οξυγόνου σε ηλεκτρικά δίπολα. Η διάλυση του οξυγόνου στο νερό συντελείται με την ανάπτυξη ασθενών ελκτικών δυνάμεων ανάμεσα στα πολικά μόρια του νερού και στα σχηματιζόμενα πολικά μόρια του οξυγόνου



Εικ.23 *Κύκλος Οξυγόνου [44]*

Ωστόσο τόσο η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό όσο και η κατανομή του σε μια υδάτινη μάζα εξαρτώνται από ποικιλία παραγόντων, δηλαδή

- το κλίμα - μετεωρολογικές συνθήκες στην περιοχή
- η θερμοκρασία νερού και θερμική στρωμάτωση της υδάτινης στήλης
- η ατμοσφαιρική πίεση (υψόμετρο)
- η ρεύματα αέρα – κυματισμός
- η αφθονία φωτοσυνθετικών οργανισμών
- η αφθονία αερόβιων οργανισμών
- η αφθονία οργανικού και ανόργανου υλικού (που παράγεται στο εσωτερικό της λίμνης ή που εισέρχεται στη λίμνη) περιεκτικότητα των εισερχόμενων στο ποταμό νερών σε οξυγόνο (υπολίμνιες πηγές, επιφανειακά ρεύματα που απορρέουν στη λίμνη) σχήμα και μέγεθος της λεκάνης απορροής.

8.3.1 Μέτρηση

Το DO στην παρούσα εργασία μετρήθηκε ηλεκτομετρικά με το πολυόργανο Η μέτρηση του διαλυμένου οξυγόνου γίνεται ηλεκτρομετρικά HACH (session 156) (Εικ.22). Πραγματοποιείται η βαθμονόμηση του οργάνου σύμφωνα με το εγχειρίδιο χρήσεως. Η μέτρηση πρέπει να γίνεται αμέσως μετά την δειγματοληψία αποφεύγοντας την έκθεση του δείγματος στον αέρα διατηρώντας το κλειστό μέχρι την μέτρηση του. Το ηλεκτρόδιο που μετράμε, είναι ένας ηλεκτρικός αισθητήρας που αποτελείται από σύστημα ηλεκτρόδιων με άνοδο και κάθοδο, το οποίο διαχωρίζεται από το δείγμα με μια μεμβράνη Teflon, διαπερατό στο οξυγόνο .

Βυθίζουμε το ηλεκτρόδιο στο δείγμα μας και περιμένουμε την τιμή του διαλυμένου οξυγόνου να εμφανισθεί στην οθόνη του οργάνου. Το αποτέλεσμα δίνονται σε % και σε mg O_2/L.

8.4 Θολερότητα

Θολερότητα είναι η έκφραση της οπτικής ιδιότητας ενός δείγματος νερού να σκεδάζει και να απορροφά το φως που διέρχεται από αυτό και να μη το μεταδίδει σε ευθεία γραμμή [42]. Η θολερότητα στα επιφανειακά νερά προέρχεται από αιωρούμενα σωματίδια, ανόργανης ή οργανικής φύσης. Η συσχέτιση της θολερότητας με το περιεχόμενο του δείγματος σε βάρος αιωρούμενων στερεών είναι δύσκολη, διότι το διαφορετικό μέγεθος, σχήμα και η σύσταση των στερεών επηρεάζει το βαθμό σκέδασης του φωτός. Ο προσδιορισμός της θολερότητας αποτελεί μία σημαντική παράμετρο για την εκτίμηση της ποιότητας του νερού λιμνών, ποταμών και

θαλασσών και τον έλεγχο των μονάδων επεξεργασίας λυμάτων και αποβλήτων.

Σύγχρονη μέθοδος για τον προσδιορισμό της θολερότητας είναι η νεφελομετρία, που ενδείκνυται για χαμηλές τιμές θολερότητας. Ο προσδιορισμός της θολερότητας με αυτή τη μέθοδο γίνεται με όργανα γνωστά ως νεφελόμετρα ή θολερόμετρα. Τα όργανα αυτά αποτελούνται από μία πηγή φωτός, ένα ή δύο φωτοηλεκτρικούς ανιχνευτές (φωτοκύτταρα) και διάταξη ανάγνωσης της έντασης του φωτός που διέρχεται το δείγμα.

Ο βαθμός σκέδασης του φωτός από το δείγμα, σε σχέση με ένα πρότυπο αιώρημα αναφοράς αντιστοιχεί στην θολερότητα, που εκφράζεται σε μονάδες N.T.U. (Nephelometric Turbidity Units). Ως αιώρημα αναφοράς, για τη ρύθμιση του οργάνου, χρησιμοποιείται πρότυπο αιώρημα φορμαζίνης, που παρασκευάζεται από πολυμερές της φορμαζίνης που αναπαράγει αρκετά πιστά τη θολερότητα των φυσικών νερών. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται στα πόσιμα, επιφανειακά και θαλασσινά νερά, στην περιοχή από 0 ως 40 νεφελομετρικές μονάδες θολερότητας (N.T.U).

Μία άλλη μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρέως για τον προσδιορισμό της θολερότητας σε λίμνες και τη θάλασσα είναι η μέτρηση της διαφάνειας με τη μέθοδο που είναι γνωστή ως "Μέτρηση με το Δίσκο του Secchi". Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην μέτρηση του βάθους στο οποίο εξαφανίζεται από το οπτικό πεδίο του παρατηρητή, μεταλλικός ή πλαστικός δίσκος, λευκού χρώματος, που βυθίζεται κάθετα στην επιφάνεια του νερού. Η μέτρηση της διαφάνειας με τη μέθοδο αυτή εκφράζεται σε m. Στη θάλασσα, η διαφάνεια κυμαίνεται συνήθως από 15 ως 20 m, ενώ σε λίμνες, ιδιαίτερες τις εύτροφες, μπορεί να φθάνει μόλις το 1,5 m.

8.4.1 Μέτρηση

Νεφελομετρικη μέθοδος

Η θολερότητα με τη νεφελομετρική μέθοδο [42] μπορεί να προσδιοριστεί σε οποιοδήποτε δείγμα που δεν περιέχει ευμεγέθη στερεά ή σωματίδια που καθιζάνουν γρήγορα. Επίσης, το δείγμα δεν πρέπει να περιέχει φυσαλίδες αερίων ή να είναι έγχρωμο.

Το δείγμα πρέπει να αναλύεται όσο το δυνατόν συντομότερα. Αν αυτά δεν είναι δυνατόν, το δείγμα πρέπει να καταψύχεται ή να συντηρείται στους *4°C* για να περιοριστεί η μικροβιακή αποσύνθεση των στερεών.

Οι σωλήνες πρέπει να είναι καθαροί. Έτσι πριν τη μέτρησή τους στο θολερόμετρο, σκουπίζονται με χαρτί εμποτισμένο σε αιθυλική αλκοόλη. Κατά τη διάρκεια των διαφόρων χειρισμών οι σωλήνες πρέπει να πιάνονται μόνο από το πάνω μέρος τους.

8.4.2 Διαδικασία Μέτρησης Θολερότητας

Το θολερόμετρο ρυθμίζεται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Μετριούνται στο θολερόμετρο πρότυπα αιωρήματα που να καλύπτουν την περιοχή η οποία ενδιαφέρει και ελέγχεται η αντιστοιχία των ενδείξεων του οργάνου με σειρά πρότυπων διαλυμάτων.

Το δείγμα αναδεύεται, ώστε να γίνει τέλεια διασπορά των αιωρούμενων στερεών και αφού εξαφανιστούν οι μικρές φυσαλίδες αέρα, μεταφέρεται ορισμένη ποσότητα δείγματος στον σωλήνα του θολερόμετρου. Διαβάζουμε κατευθείαν την ένδειξη που αντιστοιχεί στη κλίμακα του οργάνου ή με τη βοήθεια κατάλληλης καμπύλης αναφοράς.

Το δείγμα θολερότητας μεγαλύτερης από 40 NTU ανακινείται και αραιώνεται με νερό χωρίς θολερότητα δύο ή περισσότερες φορές ώστε η θολερότητα του διαλύματος να είναι μικρότερη από 30-40 NTU. Υπολογίζουμε τη θολερότητα του δείγματος από τη τιμή θολότητας του διαλύματος επί τον συντελεστή αραίωσης.

Εικ.24 *Θολερόμετρο*

8.5 Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο ή BOD (Biochemical Oxygen Demand)

Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο [47] ορίζεται ως η ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνουν μεσόφιλα βακτήρια σε διάστημα πέντε ημερών, για την βιολογική οξείδωση των οργανικών κυρίως ουσιών που περιέχονται σε ορισμένο όγκο δείγματος, που επωάζεται σε σκοτεινό θάλαμο,σταθερής θερμοκρασίας 20^0C .

Υπάρχουν τρεις μέθοδοι προσδιορισμού του BOD:

- Μανομετρική,με ειδική συσκευή (έμμεση μέθόδος)
- Ηλεκτροχημική με οξυγονόμετρο (άμεση μέθοδος)
- Χημική, με την ιωδομετρική μέθοδο

Στο εργαστήριο χρησιμοποιήσαμε τη μανομετρική μέθοδο με την ειδική συσκευή Lovibond.Η συσκευή αποτελείται από την κεφαλή η οποία είναι ψηφιακός αισθητήρας και βιδώνει πάνω στη σκουρόχρωμη γυάλινη φιάλη στην οποία τοποθετούμε το δείγμα μας.

Πίν. 10. *Τιμές BOD σε διάφορα νερά και απόβλητα [48]*

Προέλευση νερών	**Τιμές BOD**
Νερά ποταμών χωρίς ρύπανση	<1
Νερά ποταμών που έχουν ρυπανθεί	>10
Νερά αποβλήτων μετά την κατεργασία	10-20
Νερά οικιακών ή βιομηχ. αποβλήτων	300-5000

Η μέτρηση του Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου πραγματοποιήθηκε μανομετρικά με την ειδική συσκευή BOD (Lovibond).

8.5.1 Αρχή μεθόδου:

Ο εξοπλισμός της συσκευής Lovibond αποτελείται από την κεφαλή – ψηφιακό αισθητήρα BOD που απλά βιδώνει στη σκουρόχρωμη γυάλινη φιάλη με το δείγμα. Η αρχή μέτρησης βασίζεται στο ότι σε ένα κλειστό σύστημα το οξυγόνο που καταναλώνουν τα βακτήρια στο δείγμα, αναπληρώνεται από το οξυγόνο του αέρα που βρίσκεται επάνω από το δείγμα. Το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από τα βακτήρια απομακρύνεται από το σύστημα με την προσθήκη διαλύματος υδροξειδίου καλίου (KOH) που περιέχεται σε θήκη από καουτσούκ. Το αποτέλεσμα είναι μία πτώση πίεσης στη φιάλη που μετριέται από την κεφαλή, που είναι ένας ψηφιακός αισθητήρας και εμφανίζει την ένδειξη στην οθόνη σαν mg/L BOD.

Ο αισθητήρας μετρά απευθείας τιμές BOD. Τα δείγματα μπορούν να ελεγχθούν σε αραιωμένη ή μη μορφή.

Εικ 25.*Φιάλη BOD*

Εικ26.*Θάλαμος επώασης*

Η τιμή του BOD δεν πρέπει κανονικά να περιλαμβάνει την αζωτούχο απαίτηση οξυγόνου που προκύπτει από τη δραστηριότητα των νιτροποιητικών βακτηρίων που καταναλώνουν οξυγόνο στο δείγμα. Αυτό μπορεί να εμφανιστεί ακόμα και στην περίοδο των πέντε πρώτων ημερών και συμβαίνει συνήθως σε δείγματα που περιέχουν χαμηλή συγκέντρωση οργανικής ουσίας. Σε περίπτωση που είναι επιθυμητό να υπολογιστεί και η αζωτούχος απαίτηση οξυγόνου η μέτρηση γίνεται σε δύο δείγματα, ένα με προσθήκη του αναστολέα νιτροποίησης και ένα χωρίς. Η διαφορά των δύο αποτελεσμάτων αντιστοιχεί στην αζωτούχο απαίτηση οξυγόνου που προκύπτει από τη δραστηριότητα των νιτροποιητικών βακτηρίων.

Το δείγμα επωάζεται σε θερμοκρασία 20°C. Αυτό επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση της σκουρόχρωμης φιάλης σε έναν θάλαμο ελεγχόμενο θερμοκρασιακά καθώς το δείγμα αναδεύεται συνεχώς. Οι πρότυπες μέθοδοι για τον προσδιορισμό του BOD επιβάλλουν μία σταθερή θερμοκρασία 20°C. Μία σταθερή γνωστή θερμοκρασία είναι πολύ σημαντική καθώς κάθε απόκλιση ή διακύμανση από τους 20°C θα επηρεάσει τα αποτελέσματα. Μία απόκλιση 1-1,5^{o}C μπορεί να προκαλέσει τιμές BOD που να αποκλίνουν 5-10%.

Απαιτούμενος εξοπλισμός: Τα σκεύη που χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση του BOD ήταν ειδικές σκουρόχρωμες φιάλες με κεφαλές ενσωματωμένες με ψηφιακούς αισθητήρες (Lovibond), υπερχειλιστής χωρητικότητας 428 mL, μαγνητικοί ράβδοι ανάδευσης, μαύρες θήκες από καουτσούκ για το KOH και θερμοστατούμενος θάλαμος επώασης σε θερμοκρασία 20°C (Lovibond).

Προετοιμασία δείγματος: Αρχικά μετράται το pH του δείγματος και ρυθμίζεται μεταξύ 6,5-7,5 που είναι η καλύτερη τιμή pH για το test του BOD. Εάν το pH του δείγματος βρίσκεται εκτός αυτού του εύρους, θα προκύψουν χαμηλότερες τιμές BOD. Σ΄ αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να ρυθμιστεί το pH του δείγματος εντός του εύρους. Στα δείγματα που εξετάστηκαν στην παρούσα εργασία, οι υψηλότερες τιμές pH ελαττώνονταν με προσθήκη H2SO4 0,1N. Χαμηλές τιμές pH μπορεί να διορθωθούν με προσθήκη διαλύματος NaOH 0,1M.

Γεμίζουμε την φιάλη του υπερχειλιστή με το δείγμα έως ότου να ξεχειλίσει και το περιεχόμενο του υπερχειλιστή αδειάζεται στη φιάλη του BOD. Συνιστάται να υπάρχει μία ομοιόμορφη κατανομή των διαλυμένων στερεών στο δείγμα.

Τοποθετείται μία καθαρή μαγνητική ράβδος ανάδευσης σε κάθε σκουρόχρωμη φιάλη, προσθέτονται 2 σταγόνες διαλύματος υδροξειδίου του καλίου 45% σε μία μαύρη θήκη από καουτσούκ και τοποθετείται στη φιάλη.

Για την εξασφάλιση ακριβών μετρήσεων πρέπει όλα τα εξαρτήματα (φιάλη δείγματος, θήκη από καουτσούκ, μαγνητική ράβδος) να καθαρίζονται προσεκτικά μετά από κάθε χρήση, διαφορετικά τα παραμένοντα βακτήρια ενδέχεται να αυξηθούν, οδηγώντας σε ανακριβείς μετρήσεις. Τα μπουκάλια πρέπει να αδειάζονται και να ξεπλένονται αρκετές φορές με νερό, μετά να καθαρίζονται με ζεστό σαπουνόνερο ή με απορρυπαντικό του εργαστηρίου και βούρτσα. Κατόπιν πρέπει να ξεπλυθούν επανειλημμένα με νερό βρύσης και εν τέλει με απιονισμένο νερό. Το προσεκτικό πλύσιμο είναι απαραίτητο, καθώς τα απορρυπαντικά και τα υπολείμματα οργανικών αντιδραστηρίων μπορεί να οδηγήσουν σε εσφαλμένη μέτρηση. Τα πώματα από καουτσούκ και οι μαγνητικές ράβδοι ανάδευσης πρέπει να καθαρίζονται με παρόμοιο τρόπο.

8.5.2 Μέτρηση BOD

Τοποθετείται η κεφαλή με τον ψηφιακό αισθητήρα BOD (Lovibond) στη φιάλη του δείγματος και κλείνεται ερμητικά. Αυτό είναι πάρα πολύ σημαντικό γιατί το σύστημα πρέπει να είναι εντελώς αεροστεγές.

Πατιούνται ταυτόχρονα τα κουμπιά S και M για δύο δευτερόλεπτα, η οθόνη θα δείξει 00. Μ΄ αυτόν τον τρόπο σβήνονται οι ήδη αποθηκευμένες τιμές. Τα κουμπιά S και M αφήνονται και η μέτρηση του BOD έχει ενεργοποιηθεί. Η φιάλη τότε τοποθετείται σε μία βάση στήριξης όπως αυτή του Σχήματος 11, μέσα στο θάλαμο όπου επωάζεται στους 20°C καθώς αναδεύεται συνεχώς.

8.5.3 Ερμηνεία των αποτελεσμάτων

Η κεφαλή με τον ψηφιακό αισθητήρα του BOD καταγράφει μία μέτρηση κάθε 24 ώρες για μία περίοδο μεγαλύτερη των 5 ημερών. Η μετρούμενη τιμή αποθηκεύεται αυτόματα στη μνήμη. Πατώντας το κουμπί M για ένα δευτερόλεπτο εμφανίζεται η τιμή της τρέχουσας μέρας.

Μετά από 5 ημέρες οι τιμές θα έχουν αποθηκευτεί στη μνήμη του αισθητήρα. Πατώντας διαδοχικά το κουμπί S αυτές οι τιμές εμφανίζονται σε χρονολογική σειρά:

Πατιέται μία φορά το S: η οθόνη δείχνει μια παύλα

Πατιέται γρήγορα άλλη μία φορά το S: η οθόνη δείχνει την ημέρα της μέτρησης (1) και ακολουθεί η τιμή μέτρησης γι΄ αυτήν την ημέρα

Πατώντας ξανά το S εμφανίζονται οι τιμές για τη δεύτερη, τρίτη, τέταρτη και πέμπτη ημέρα

8.5.4 Παρατηρήσεις:

Η τιμή του BOD για μία συγκεκριμένη ημέρα πρέπει πάντα να είναι μεγαλύτερη από την τιμή της προηγούμενης ημέρας. Η αύξηση του BOD με το χρόνο δεν είναι γραμμική αλλά μειώνεται με την πάροδο του χρόνου.

Αν για τις πρώτες ημέρες της επώασης παρατηρηθεί μία περίπου γραμμική αύξηση του BOD, το δείγμα θα έχει μια υψηλότερη τιμή BOD από αυτήν που είχε αρχικά εκτιμηθεί και χρειάζεται να επιλεχθεί μεγαλύτερο εύρος.

Αν η τιμή του BOD ελαττώνεται από την μία μέρα στην άλλη το σύστημα πρέπει να ελεγχθεί για διαρροή αέρα από τη φιάλη.

8.6 Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο ή COD

Το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο [42] είναι η ισοδύναμη ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για την οξείδωση (σε ισχυρό όξινο περιβάλλον) των οργανικών ενώσεων που περιέχονται σε δείγμα υδάτων ή αποβλήτων.

Το COD χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της ρύπανσης των επιφανειακών υδάτων και για τον έλεγχο και σχεδιασμό συστημάτων βιολογικού καθαρισμού λυμάτων και αποβλήτων.

Σε δείγματα που περιέχουν μεγάλες ποσότητες από ουσίες που οξειδώνονται δύσκολα η τιμή του COD δεν είναι αντιπροσωπευτική του θεωρητικά απαιτούμενου οξυγόνου.Επιπρόσθετα η οξείδωση ανόργανων συστατικών όπως των χλωριόντων,των νιτρωδών, του δισθενούς σιδήρου και των θειούχων μπορούν να επηρεάσουν τη μέτρηση του COD. Έτσι καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η τιμή του COD εξαρτάται από τη σύσταση του νερού που εξετάζεται.

8.6.1 Αρχή Μεθόδου

Το δείγμα οξειδώνεται με τη βοήθεια ισχυρού οξειδωτικού μέσου όξινο περιβάλλον υψηλής θερμοκρασίας παρουσία καταλύτη. Συνήθως σαν οξειδωτικό χρησιμοποιείται διάλυμα $K_2Cr_2O_7$,το όξινο περιβάλλον εξασφαλίζεται με πυκνό θεϊκό οξύ, ενώ σαν καταλύτης χρησιμοποιείται θειικός άργυρος. Γίνεται χώνευση του δείγματος σε υψηλή θερμοκρασία κα στη συνέχεια γίνεται προσδιορισμός της περίσσειας των διχρωμικών ιόντων είτε με ογκομέτρηση διαλύματος εναμμωνίου θειικού σιδήρου ή με φωτομέτρηση. Το οργανικό τμήμα που οξειδώνεται υπολογίζεται ως ισοδύναμη ποσότητα οξυγόνου.

8.6.2 Μέτρηση

Η μέτρηση πραγματοποιείται με τη βοήθεια του τεστ Cell Test MERCK με όριο 4 έως 40mg/lt COD. Παίρνουμε 3ml δείγματος με σιφώνιο και τα τοποθετούμε στα ειδικά φιαλίδια που περιέχει το τεστ. Αναδεύουμε έντονα. Στη συνέχεια τοποθετώ τα φιαλίδια στο θερμοριάκτορα για 2 ώρες σε θερμοκρασία 120^0C. Όταν περάσει ο χρόνος βγάζουμε τα φιαλίδια από το θερμοριάκτορα και τα αφήνουμε να κρυώσουν. Τέλος μετράμε το COD στο φασματόμετρο.

8.6.3 Παρατηρήσεις

Η μέτρηση του COD δεν πρέπει να γίνεται σε δείγματα που περιέχουν συγκεντρώσεις χλωροιόντων μεγαλύτερες από 2000 mg/l. Η παρουσία νιτρωδών ιόντων επηρεάζει τη μέτρηση του COD κατά 1,1 mg O_2/mg NO_2. Για συγκεντρώσεις νιτρώδων ιόντων μεγαλύτερες από 2 mg/l NO_2 προσθέτονται 10mg σουλφαμινικού οξέος για κάθε mg NO_2 – N στη φιάλη οξείδωσης.

8.7 Ολικός Οργανικός Άνθρακας (TOC)

Ο ολικός οργανικός άνθρακας [42] εκφράζει την ολική φόρτιση των νερών σε οργανικές ενώσεις. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε mg C/L νερού. Οι τιμές TOC μας δίνουν πληροφορίες για τη συνολική ποσότητα των ενώσεων του άνθρακα, ανεξάρτητα από τις βαθμίδες οξείδωσης τους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ότι οι οργανικές ενώσεις που δε συμμετέχουν στη διαμόρφωση των τιμών, COD και BOD γίνονται αντιληπτές μόνο με τις τιμές TOC.

8.7.1 Αρχή Μεθόδου

Ο προσδιορισμός του TOC βασίζεται στην οξείδωση όλης της ποσότητας του άνθρακα προς CO_2 , το οποίο στη συνέχεια προσδιορίζεται με φασματοφωτόμετρο υπέρυθρου IR.

Η μετατροπή του άνθρακα σε CO_2 γίνεται με καύση σε ειδικό θάλαμο ή με οξείδωση με υπερθειικό νάτριο. Η καύση χρησιμοποιείται κυρίως για δείγματα με TOC>1 mg C/L, ενώ η οξείδωση με υπερθειικό νάτριο χρησιμοποιείται για μικρότερες συγκεντρώσεις .

8.7.2 Μέτρηση

Ο προσδιορισμός του TOC γίνεται με ειδικά όργανα στα οποία η καύση ή οξείδωση του άνθρακα και το παραγόμενο CO_2 προσδιορίζεται αυτομάτως με IR. Το δείγμα (200-500μl) εισάγεται σε όργανο με ειδική σύριγγα, αφού προηγουμένως υποστεί την κατάλληλη προ κατεργασία, ανάλογα με την προέλευση του.

Η απομάκρυνση του ανόργανου άνθρακα γίνεται με οξίνιση του δείγματος και διαβίβαση αδρανούς αερίου. Με τον τρόπο αυτό όλο το σχηματιζόμενο CO_2 από τα HCO_3^- και CO_3^- ιόντα απομακρύνεται. Στην περίπτωση αυτή παρατηρείται και απώλεια πτητικών οργανικών ενώσεων.

Θέτουμε σε λειτουργία το όργανο μέτρησης (εικ.27). Ρυθμίζουμε το όργανο μετρώντας τις τιμές NPOC, IC για απιονισμένο νερό. Οι τιμές του NPOC και του IC για το απιονισμένο νερό πρέπει είναι 0, διαφορετικά υπάρχει κάποιο πρόβλημα στο όργανο. Αφού τελειώσει η διεργασία με το απιονισμένο νερό τοποθετούμε σε γύαλινα δοχείο των 25ml το δείγμα που θέλουμε να εξετάσουμε. Τοποθετώ τις επαναλήψεις που θέλω να γίνει η μέτρηση ώστε να βγεί ο μέσος όρος αυτών στο τέλος.

Εικ.27 *Συσκευή μέτρησης TOC*

8.8 Νιτρικό Άζωτο (NO_3-N)

Το άζωτο [49] είναι ένα από τα κυριότερα συστατικά του ζωντανού πρωτοπλάσματος (αποτελεί το 1-10% του βάρους των φυτών και περισσότερο από 20-30% του βάρους των ζώων) και επηρεάζει σημαντικά την παραγωγικότητα των υδατικών οικοσυστημάτων.

Το άζωτο υπάρχει στο νερό ως

- διαλυμένο αέριο άζωτο
- άζωτο δεσμευμένο σε οργανικές ενώσεις, όπως πρωτεΐνες, αμινοξέα, ουρία κ.ά.
- αμμωνία, κυρίως ως αμμωνιακά ιόντα (NH4+ και NH4OH-)
- νιτρώδη ιόντα
- νιτρικά ιόντα

Το άζωτο στα επιφανειακά νερά εμφανίζεται με τη μορφή οργανικού αζώτου το οποίο είναι δεσμευμένο σε υπολείμματα ή προϊόντα φυτών και ζώων υπό τη μορφή πρωτεΐνης και υπό τη μορφή ανόργανων ενώσεων όπως η αμμωνία, νιτρικά και νιτρώδη ιόντα. Οι ανόργανες μορφές του αζώτου προέρχονται από την οξείδωση του οργανικού αζώτου, εκπλήσσεις γεωργικών εκτάσεων, επιβαρημένων με λιπάσματα ή από λύματα και βιομηχανικά απόβλητα. Από τις παραπάνω μορφές αζώτου, το ατμοσφαιρικό άζωτο πρέπει να αποκλεισθεί σαν δείκτης αζωτούχων ρυπάνσεων. Μόνο οι ανόργανες μορφές αζώτου μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν δείκτες αζωτούχου ρύπανσης.

8.8.1 Μέτρηση

Τα νιτρικά ιόντα τα μετρήσαμε με το kit test Nitrate Test MERCK με εύρος τιμών 0,10-25 mg/lt NO_3-N και 0,45-111 mg/lt NO_3 .

Τοποθετούμε 4ml αντιδραστηρίου NO_3-1 με τη βοήθεια βαθμονομημένης σύριγγας που υπάρχει μέσα στο test kit. Χρησιμοποιούμε σιφώνιο για να προσθέσουμε 0,5 ml αντιδραστηρίου NO_3-2. Η αντίδραση που ακολουθεί είναι εξώθερμη με αποτέλεσμα τη θέρμανση του δοκιμαστικού σωλήνα. Αναδεύουμε με τη βοήθεια παλινδρομικού αναδευτήρα Minishaker MS IKA WORKS. Αφήνουμε το μίγμα για 10 λεπτά σε ηρεμία. Μεταφέρουμε το μίγμα μέσα σε γυάλινη ορθογώνια κυψελίδα 10mm (λόγω της τοξικότητας του δείγματος) ώστε να γίνει η μέτρηση της συγκέντρωσης των NO_3-N του δείγματος.

Θέτουμε σε λειτουργία το φωτόμετρο MERCK Sprectroquant NOVA 60 ανοίγοντας το καπάκι . Εκτελείται ένας αυτοέλεγχος του οργάνου κ στη συνέχεια τοποθετούμε την κυψελίδα αναγνώρισης έτσι ώστε το όργανο να αναγνωρίσει ποιό test χρησιμοποιούμε. Η κάθετη γραμμή που υπάρχει πάνω στην κυψελίδα αναγνώρισης πρέπει να βρίσκεται στην εγκοπή του φωτομέτρου. Τοποθετούμε την γυάλινη κυψελίδα με το δείγμα μας και εκτελείται αυτόματα η μέτρηση. Η κυψελίδα θα πρέπει να είναι πολύ καλά σκουπισμένη για την αποφυγή δημιουργίας λάθους.

Εικ. 28 *Ένδειξη νιτρικών ιόντων στα νερά δειγματοληψίας.*

8.9 Αμμωνιακό άζωτο (N-NH_4)

Το αμμωνιακό άζωτο [49] μπορεί να βρίσκεται υπό τη μορφή αμμωνιακών ιόντων ή ελεύθερης αμμωνίας ανάλογα με το pH και τη θερμοκρασία του διαλύματος σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση

$$NH_3 + H_2O \leftrightarrow NH_4^+ + OH^-$$

Η αμμωνία προέρχεται από την αποσύνθεση των φυτικών και ζωικών πρωτεϊνών και απορριμμάτων. Σχηματίζεται επίσης από τη διάσπαση της ουρίας και του ουρικού οξέος. Πολλά λιπάσματα περιέχουν αμμωνία και ενώσεις αμμωνίας. Έτσι η έκπλυση των χωραφιών μπορεί να συμβάλλει στην αύξηση της συγκέντρωσης της αμμωνία στο νερό.

Η ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση των αμμωνιακών ιόντων στη χώρα μας για το πόσιμο νερό είναι 0,50mg/L, ενώ για τα γλυκά νερά είναι 0,025mg/L. Στα απόβλητα που εκβάλλουν στα επιφανειακά νερά η τιμή της ολικής αμμωνίας δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 15mg/lt.

8.9.1 Μέτρηση

Ο προσδιορισμός της αμμωνίας μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους. Η επιλογή της μεθόδου εξαρτάται από τη συγκέντρωση της αμμωνίας και από το είδος του εξεταζόμενου δείγματος. Οι συνηθέστερες μέθοδοι μέτρησης είναι:

- Μέθοδος Nessler,
- Μέθοδος ινδοφαινόλης,
- Μέθοδος εκλεκτικών ηλεκτροδίων,

Μετρήσαμε τα αμμωνιακά ιόντα με τη χρήση του kit test Ammonium MERCK με εύρος τιμών 0,010-3mg/lt .

Τοποθετούμε 5 ml δείγματος σε δοκιμαστικό σωλήνα με τη βοήθεια σιφωνίου και προσθέτουμε 0,6 ml από το αντιδραστήριο NH_4 –1B Αναδεύουμε με τη βοήθεια του παλινδρομικού αναδευτήρα Minishaker MS IKA WORKS . Στην συνέχεια προσθέτουμε μία δόση από το αντιδραστήριο NH_4 –2B, ακολουθεί ανάδευση μέχρι να διαλυθεί το στερεό αντιδραστήριο. Το μίγμα αφήνεται σε ηρεμία για 5 λεπτά όπου μετά το πέρασμα τους προσθέτουμε 4 σταγόνες από το αντιδραστήριο NH_4 –3B και αναδεύουμε. Αφήνουμε ξανά το μίγμα σε ηρεμία για άλλα 5 λεπτά.

Θέτουμε σε λειτουργία το φωτόμετρο MERCK Sprectroquant NOVA 60 ανοίγοντας το καπάκι . Εκτελείται ένας αυτοέλεγχος του οργάνου κ στη συνέχεια τοποθετούμε την κυψελίδα αναγνώρισης έτσι ώστε το όργνο να αναγνωρίσει ποιό test χρησιμοποιούμε. Η κάθετη γραμμή που υπάρχει πάνω στην κυψελίδα αναγνώρισης πρέπει να βρίσκεται στην εγκοπή του φωτομέτρου. Μεταφέρουμε το μίγμα σε πλαστική κυψελίδα αφού πρώτα έχει πλυθεί με απιονισμένο νερό. Στην οθόνη του φωτομέτρου εμφανίζεται η ένδειξη “measuring” και στη συνέχεια η τιμή της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων του δείγματος.

Εικ.29 *Minishaker MS IKA WORKS*

8.10 Χλωριόντα

Το χλώριο [42] είναι ευρέως διαδεδομένο στη φύση και συνιστά περίπου το 0,05% του στερεού φλοιού της γης. Το μεγαλύτερο από αυτό ποσοστό βρίσκεται διαλυμένο στη θάλασσα. Το χλώριο που βρίσκεται στο φυσικό γλυκό νερό είναι σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις.

Το χλώριο υπό τη μορφή χλωριόντων, αποτελεί ένα από τα βασικά ανόργανα ανιόντα των υδάτων και αποβλήτων. Στα φυσικά επιφανειακά και υπόγεια νερά ,η συγκέντρωση των χλωριόντων διαφέρει και εξαρτάται κυρίως από τη χημική σύσταση των πετρωμάτων, από τα οποία διέρχεται το νερό.

8.10.1 Μέθοδος

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι για τον προσδιορισμό των χλωριόντων. Μερικές από αυτές αναφέρονται παρακάτω

- Η μέθοδος νιτρικού αργύρου(παλαιότερη)
- Η μέθοδος του νιτρικού υδραργύρου
- Η ποτενσιομετρική μέθοδος
- Η μέθοδος σιδηροκυανιούχων
- Η μέθοδος Mohr

Κατά τη μέτρηση των χλοριόντων στη διάρκεια των αναλύσεων χρησιμοποιήσαμε τη τέταρτη μέθοδο: Μέθοδος Mohr.

Αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη μέθοδο.

1. Διάλυμα χρωμικού καλίου 2% .(K_2CrO_4)
2. Πρότυπο διάλυμα νιτρικού αργύρου 0,1M

Στην αρχή εκτελείται τυφλό διάλυμα. Δηλαδή σε κωνική φιάλη των 250 ml προσθέτουμε 50 ml απιονισμένο νερό, 2ml K_2Cr_2 % και 0,5g $CaCO_3$ για να δημιουργηθεί αιώρημα.

Στη συνέχεια προστίθεται $AgNO_3$ 0,01N σε σταγόνες και ξεκινά η ογκομέτρηση μέχρι να εμφανισθεί το κεραμιδί χρώμα. Ο όγκος αυτός του προτύπου διαλύματος του $AgNO_3$. Η συνήθης τιμή του λευκού είναι 0,2-0,3 ml.

Σε κωνική φιάλη των 250ml προσθέτουμε 12,5ml δείγματος και 12,5ml απιονισμένο νερό. Με τη βοήθεια σιφώνιο προσθέτουμε 1ml K_2CrO_4 2% και το διάλυμα ογκομετρείται με πρότυπο διάλυμα νιτρικού αργύρου 0,01N ανακατεύοντας συνεχώς μέχρι να εμφανισθεί το κεραμιδί χρώμα πραγματοποιούνται τρεις ογκομετρήσεις και από το μέσο όρο προσδιορίζεται η εκατοστιαία περιεκτικότητα του δείγματος σε χλώριο.

8.10.2 Υπολογισμός

Ο τύπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του χλωρίου είναι:

$$\textbf{mg/l } Cl^- = (A-B) x N x 35.450 / C$$

όπου : A=ml διαλύματος $AgNO_3$ που καταναλώθηκαν για το δείγμα.
B=ml διαλύματος $AgNO_3$ που καταναλώθηκαν για το λευκό.
C=ml δείγματος.

8.11 Φωσφορικός φώσφορος (PO_4-P)

Ο φώσφορος [49], με τη μορφή φωσφορικών κυρίως ιόντων (PO_4^{3-} και HPO_4^{2-}) αποτελεί ένα από τα βασικά θρεπτικά συστατικά τόσο των ζωικών όσο και των φυτικών οργανισμών. Φώσφορος υπάρχει στο μόριο του DNA, του ATP, στην κυτταρική μεμβράνη (φωσφολιπίδια) και όχο μόνο.

Ο φώσφορος αποτελεί συνήθως περιοριστικό παράγοντα της πρωτογενούς παραγωγής και ως εκ τούτου έχει καθοριστική σημασία για την αποκατάσταση της οικολογικής ισορροπίας ενός ποταμού. Αν και είναι ένα από τα έξι κύρια κυτταρικά στοιχεία (C, H, O, N, P, S) και η αναλογία του στη νωπή βιομάζα του κυτοπλάσματος μπορεί να ξεπερνάει το 0,5%, η παρουσία του στο φλοιό της γης είναι σπανιότερη από αυτή των άλλων πέντε στοιχείων.

Οι ενώσεις του φωσφόρου στο νερό διακρίνονται σε οργανικές ή ανόργανες, διαλυμένες ή σωματιδιακές. Φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες που συμβαίνουν στο υδάτινο περιβάλλον μεταβάλλουν διαρκώς την αναλογία των παραπάνω μορφών.

Ανάμεσα στους παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση του φωσφόρου στο νερό είναι η θερμοκρασία, το pH και η συγκέντρωση των νιτρικών και των νιτρωδών ιόντων. Υψηλές θερμοκρασίες αυξάνουν τους ρυθμούς αποικοδόμησης των οργανικών ουσιών και συνεπώς την απελευθέρωση φωσφόρου. Παράλληλα βέβαια υψηλές θερμοκρασίες εντείνουν την πρόσληψη φωσφόρου από τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς. Συνήθως όμως ο ρυθμός της πρώτης διαδικασίας (απελευθέρωση φωσφόρου) είναι μεγαλύτερος από αυτόν της δεύτερης (δέσμευση φωσφόρου), με αποτέλεσμα υψηλές θερμοκρασίες να επιφέρουν αύξηση της συγκέντρωσης του φωσφόρου στο νερό.

Το pH σχετίζεται με την εσωτερική τροφοδοσία του νερού σε φώσφορο, την επαναιώρηση δηλαδή του φωσφόρου του πυθμένα του ποταμού. Σε υψηλές τιμές pH συμβαίνει ανταλλαγή των ιόντων υδροξυλίου του νερού με φώσφορο από ενώσεις σιδήρου και αργιλίου του πυθμένα. Συνεπώς αύξηση του pH επιφέρει αύξηση της συγκέντρωσης του φωσφόρου στο νερό.

Ανοξικές συνθήκες ευνοούν τη διάχυση του φωσφόρου από τον πυθμένα στο νερό. Αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών και των νιτρωδών ιόντων μειώνει το ρυθμό απελευθέρωσης του φωσφόρου από τον πυθμένα (και συνεπώς τη συγκέντρωση του φωσφόρου στο νερό) εξαιτίας της οξειδωτικής τους δράσης.

Παράλληλα, η παρουσία υδρόβιας μακροφυτικής βλάστησης σε μια υδάτινη συλλογή αυξάνει τη συγκέντρωση του φωσφόρου στο νερό. Η παραμονή ξηρών φυτικών τμημάτων στο νερό διευκολύνει την αποσύνθεσή τους, εμπλουτίζοντας το νερό με φωσφορικές ενώσεις.

Ο φώσφορος διαλύεται σχετικά δύσκολα στο νερό και η ένωση του με σίδηρο, αργίλιο και ασβέστιο προκαλεί την καθίζησή του. Η τυπική διαδικασία ανακύκλωσης του φωσφόρου σε μια λίμνη περιγράφεται συνοπτικά παρακάτω. Ο φώσφορος απελευθερώνεται από το επιλίμνιο κατά την αποσύνθεση οργανικών ουσιών και προσλαμβάνεται από το φυτοπλαγκτόν και την υπόλοιπη υδρόβια βλάστηση. Ο θάνατος και η αποικοδόμηση των οργανισμών εμπλουτίζει το νερό με φωσφορικές ενώσεις που καθιζάνουν στον πυθμένα, ενώ παράλληλα συμβαίνει διάχυση του φωσφόρου από το ίζημα στο νερό .

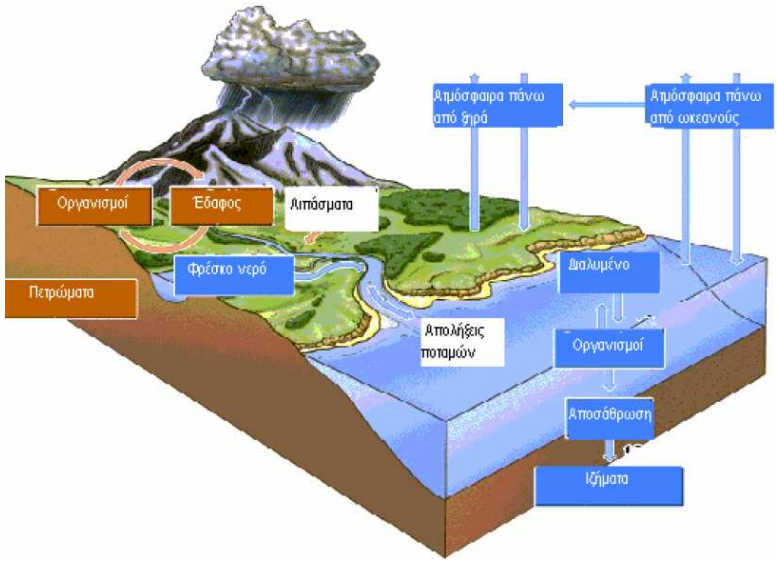
Στα περισσότερα φυσικά νερά οι συγκεντρώσεις του ολικού φωσφόρου (το σύνολο του ανόργανου και οργανικού, διαλυμένου και σωματιδιακού φωσφόρου) κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 10 και 50μg/l. Ωστόσο σε μη παραγωγικά, ολιγότροφα νερά η συγκέντρωση του ολικού φωσφόρου μπορεί να είναι μικρότερη από 5μg/l, ενώ σε πολύ εύτροφες συνθήκες μπορεί να υπερβαίνει τα 100 μg/l.

Στις εξωτερικές πηγές φωσφόρου συμπεριλαμβάνονται οι επιφανειακές απορροές, τα λιπάσματα, κτηνοτροφικά απόβλητα, οι εκροές των εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών λυμάτων, βιομηχανικά απόβλητα κ.ά. Κατά τις τελευταίες δεκαετίες, η εντατική χρήση λιπασμάτων και απορρυπαντικών έχει αυξήσει τη συγκέντρωση του φωσφόρου στους ποταμούς πολλών περιοχών

8.11.1 Μέτρηση Ορθό-φωσφορικών ιόντων

Ο προσδιορισμός των ορθοφοσφωρικών ιόντων δεν πρέπει να αρχίζει αργότερα από 3 έως 4 ώρες μετά την δειγματοληψία. Για την μέτρηση χρησιμοποιήθηκε το test kit της εταιρίας MERCK Phosphote Cell Test 14543 με όριο 0,05 – 5 mg/l

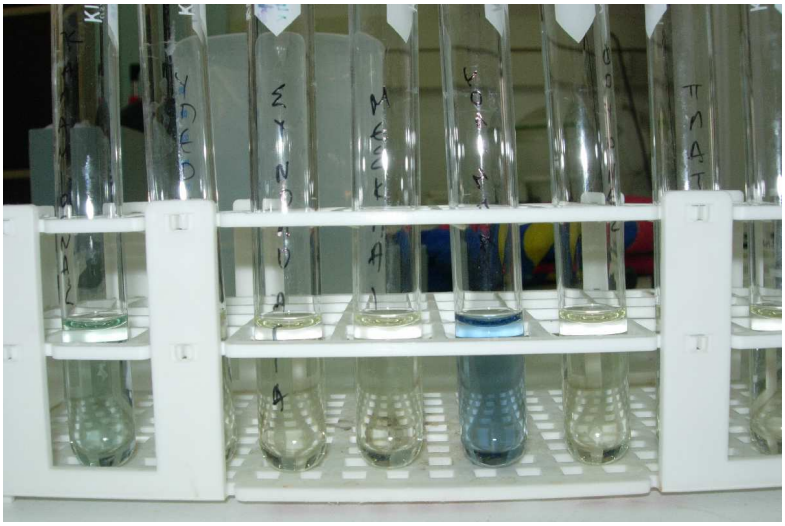
Με τη βοήθεια σιφωνίου λαμβάνουμε 5ml δείγματος και τα αδειάζουμε σε δοκιμαστικό σωλήνα. Προσθέτουμε 5 σταγόνες από το αντιδραστήριο P-1A και αναδεύουμε με τον παλινδρομικό αναδευτήρα Minishaker MS IKA WORKS. Στη συνέχεια προσθέτουμε 1 δόση από το αντιδραστήριο P-2 A. Αναδεύουμε ξανά μέχρι να διαλυθεί το στερεό αντιδραστήριο. Αφήνουμε το μίγμα να ηρεμήσει για 5 λεπτά.



Εικ.30 *Ο κύκλος του φωσφόρου σε χερσαίο & υδάτινο περιβάλλον. [50]*

Αφού περάσουν τα 5 λεπτά θέτουμε σε λειτουργία το φωτόμετρο MERCK Sprectroquant NOVA 60 ανοίγοντας το καπάκι. Εκτελείται ένας αυτοέλεγχος του οργάνου κ στη συνέχεια τοποθετούμε την κυψελίδα αναγνώρισης έτσι ώστε το όργανο να αναγνωρίσει ποιό test

χρησιμοποιούμε. Η κάθετη γραμμή που υπάρχει πάνω στην κυψελίδα αναγνώρισης πρέπει να βρίσκεται στην εγκοπή του φωτομέτρου. Μεταφέρουμε το μίγμα σε πλαστική κυψελίδα αφού πρώτα έχει πλυθεί με απιονισμένο νερό. Στην οθόνη του φωτόμετρο εμφανίζεται η ένδειξη “measuring” και στη συνέχεια η τιμή της συγκέντρωσης φωσφορικού φωσφόρου σε mg/L.



Εικ.31 *Ένδειξη φωσφορικών ιόντων στα νερά δειγματοληψίας.*

8.12 Θειικά ιόντα – SO_4

Τα θειικά ιόντα [49] είναι πολύ διαδεδομένα στα φυσικά νερά. Μετά τα δισανθρακικά και τα πυριτικά άλατα, τα κύρια συστατικά και στοιχεία των εσωτερικών νερών, είναι τα θειικά. Συνήθως, το νερό της βροχής περιέχει θειικό ιόν. Τα θειικά άλατα παράγονται εκτός από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και από διάφορες μεταλλευτικές εργασίες. Σημαντική όμως πηγή των θειικών αλάτων είναι τα κοιτάσματα γύψου και οι σχηματισμοί των εβαπορητών. Η περιεκτικότητα των νερών σε θειικά άλατα δεν επηρεάζεται μόνο από τις γεωλογικές και ανθρωπογενείς δραστηριότητες, αλλά και από τις κλιματικές συνθήκες .

Οι αυτότροφοι και πολλοί ετερότροφοι οργανισμοί προσλαμβάνουν το θείο από τα θειικά άλατα, για να σχηματίσουν τα θειούχα αμινοξέα τους. Εξάλλου και ορισμένα βακτήρια διασπούν τις οργανικές ενώσεις και μπορούν να προσφέρουν το στοιχειώδες θείο, καθώς και προϊόντα οξείδωσης (θειούχα και θειικά άλατα) και αναγωγής (υδρόθειο, θειούχα). Το θείο στα φυσικά νερά έχει ανάλογο χημισμό με εκείνο του ασβεστίου και του σιδήρου με τα οποία συνήθως ενώνεται (θειούχος σίδηρος στα λιμναία ιζήματα), ενώ η ύπαρξή του συνδέεται με την ανάμυξη των σιδηροβακτηρίων και των θειοβακτηρίων. Τα θειικά άλατα επιδρούν άμεσα στους υδρόβιους οργανισμούς, ενώ τα προϊόντα της αναγωγής τους (υδρόθειο) παίζουν άμεσο και έμμεσο ρόλο όταν συσσωρεύονται στα βαθιά νερά κοντά στον πυθμένα .

Το υδρόθειο και τα σουλφίδια συναντώνται στη βιομηχανία χημικών προϊόντων, στα οικιακά λύματα και κατά την αποσύνθεση της ιλύος πλούσιας σε οργανικά συστατικά. Το υδρόθειο δημιουργείται από τη σήψη οργανικών συστατικών και είναι ιδιαίτερα τοξικό για τους αερόβιους υδρόβιους οργανισμούς. Η αναλογία υδροθείου και των υδατοδιαλυτών σουλφιδίων εξαρτάται από το pH των νερών. Αύξηση της τιμής του pH μειώνει την τοξικότητα του υδρόθειου, ενώ η σχέση υδρόθειου και θερμοκρασίας από τους 6 μέχρι τους 25°C είναι αντιστρόφως ανάλογη

8.12.1 Μέτρηση

Τα θειικά ιόντα στην παρούσα εργασία τα μετρήσαμε με test kit της εταιρίας MERCK, Sulfate Cell Test 14791 με όριο 20 – 300 mg/l.

Συλλέγουμε 3ml δείγματος με τη βοήθεια σιφωνίου και τα τοποθετούμε σε ειδικό δοκιμαστικό σωλήνα. Προσθέτουμε 2 σταγόνες από το αντιδραστήριο SO4-1A και αναδεύουμε με τη βοήθεια με τον παλινδρομικό αναδευτήρα Minishaker MS IKA WORKS. Προσθέτουμε μία δόση από το αντιδραστήριο SO4-2A, αναδεύουμε ξανά μέχρι να διαλυθεί το στερεό αντιδραστήριο. Αφήνουμε το μίγμα να ηρεμήσει για 5 λεπτά. Μετά τη λήξη του χρόνου προσθέτουμε 3ml από το αντιδραστήριο SO4-3A και αναδεύουμε ξανά. Στη συνέχεια χρησιμοποιούμε το ειδικό χωνάκι κ το φίλτρο που διαθέτει ο κατασκευαστής και φιλτράρουμε το μίγμα σε ένα καινούργιο δοκιμαστικό σωλήνα. Αφήνουμε το μίγμα για 7 λεπτά σε ηρεμία. Η παρουσία των θειικών ιόντων διαπιστώνεται με την αλλαγή χρώματος στο μίγμα . Όσο πιο σκούρο γίνει το χρώμα τόσο μεγαλύτερη συγκέντρωση θειικών ιόντων υπάρχει στο νερό μας. Με την ειδική χρωματική ταινία υπολογίζουμε την ποσότητα της συγκέντρωσης των θεϊκών ιόντων.

Εικ.32 *Διαδικασία μέτρησης Θειικών ιόντων [51]*

8.13 Σκληρότητα

Η σκληρότητα του νερού είναι μια χαρακτηριστική ιδιότητα του νερού που οφείλεται στην παρουσία διαλυμένων αλάτων ασβεστίου και μαγνήσιου δεσμευμένων με ανθρακικά και δισανθρακικά ιόντα σχηματίζοντας τις ενώσεις $Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$,$CaCO_3$. [42]

Η σκληρότητα χωρίζεται

- Στην ολική
- Στην ανθρακική ή παροδική
- Στη μη ανθρακική ή μόνιμη

Με τον όρο συνολική ή ολική σκληρότητα εκφράζονται οι συγκεντρώσεις του ασβεστίου και του μαγνήσιου που βρίσκονται στο νερό. Η παροδική σκληρότητα του νερού ή σκληρότητα ασβεστίου μετρά το ανθρακικό ή όξινο ανθρακικό περιεχόμενο του νερού, ενώ η διαρκής ή μόνιμη σκληρότητα είναι το περιεχόμενο σε θειούχα και χλωριούχα δισθενή κατιόντα τα οποία κυριαρχούν κάτω από ειδικές συνθήκες σε ορισμένες περιοχές. [42]

Η ανθρακική ή πρόσκαιρη σκληρότητα προέρχεται από διαλυμένα όξινα ανθρακικά άλατα τα οποία με το βρασμό σχηματίζουν δυσδιάλυτο ανθρακικό ασβέστιο το οποίο κατακάθεται στο τοίχωμα των δοχείων και έτσι απομακρύνεται από το νερό. Οι σκληρότητες που δεν είναι ανθρακικού τύπου προέρχονται από άλατα χλωρίου, θείου, μαγνήσιου και άλλα, δεν απομακρύνονται με το βρασμό, ενώ απομακρύνονται με διάφορες χημικές αντιδράσεις (μέθοδοι ασβεστίου-σόδας, φωσφορικού νατρίου) ή με τη μέθοδο της ιοντοανταλλαγής, [42]

Η ολική σκληρότητα οφείλεται στην παρουσία δισθενών μεταλλικών ιόντων και περιλαμβάνει τα συνολικά ποσά των αλκαλικών γαιών, καθώς επίσης και τα θειούχα και χλωριούχα ιόντα του ασβεστίου και του μαγνήσιου.

Στα περισσότερα φυσικά νερά τα κυρίαρχα ανιόντα είναι τα δισανθρακικά που σχετίζονται κυρίως με το ασβέστιο και σε μικρότερο βαθμό με το μαγνήσιο και ακόμη μικρότερο με το κάλιο και το νάτριο. Έτσι, σαν σκληρότητα του νερού συνήθως χαρακτηρίζεται το σύνολο των συγκεντρώσεων των ιόντων Ca++, Mg++ και εκφράζονται σε οξείδιο του ασβεστίου (CaO) ή ανθρακικό ασβέστιο (CaC03). [42]

Η σκληρότητα εκφράζεται

- σε γερμανικούς βαθμούς (1 ο dH= 1 Omg/l CaO ή 0.179 mmol/l),
- σε γαλλικούς βαθμούς (10 fH=10 mg/l CaC03 ή 0.1 mmol/l),
- σε αγγλικούς βαθμούς (10 eH=10mg/0.7 l CaC03 ή 0.143 mmol/l) και
- σε αμερικάνικα δεδομένα (1mmol/l=100 ppm CaC03 και 0.01 mmol/l=1 ppm CaC03),

ενώ η μεταξύ τους σχέση είναι: **10 dH=1.79° fH=1.25 ο eH=17.9 ppm CaC03**

Πίνακας 11. *Διάκριση σκληρότητας* [42]

	mg/l CaC03	Αγγλικός Βαθμός (grains/gal CaC03)	Γαλλικός Βαθμός (parts/100000 CaC03)	Γερμανικός Βαθμός (parts/100000 CaO)	meq/l (mval/l) (1 =N/1000)	CaO gr/l χ10-3
mg/l CaC03	1	*0.07*	0.1	0.056	0.02	0.56
Αγγλικός Βαθμός	14.3	1	1.43	0.8	0.286	8
Γαλλικός Βαθμός	10	0.7	1	0.56	0.2	5.6
Γερμανικός Βαθμός	17.9	1.25	1.79	1	0.358	10
meq/l	50	3.5	5	2.8	1	28
CaO gr/l	1.79	125	179	100	35.8	1 χ1 0-3

Συνήθως, τα νερά χαρακτηρίζονται ως "πολύ μαλακά" (0-4 0 dH), "μαλακά" (4-80 dH), "μέσης σκληρότητας" (8-120 dH), "αρκετά σκληρά" (12-180 dH), "σκληρά" (18-300 dH), "πολύ σκληρά" (>300 dH). Η κατά Klut σκληρότητα που εκφράζεται σε mg/l CaC03, είναι για πολύ μαλακά νερά 0-70, μαλακά 70-140, ημίσκληρα 140-220, σχεδόν σκληρά 220-320, σκληρά 320-540 και πολύ σκληρά πάνω από 540mg/l CaC03. Γενικά, από βιολογική άποψη τα σκληρά νερά είναι και τα πιο παραγωγικά.

8.13.1 Μέτρηση

Για τον υπολογισμό της σκληρότητας χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι.

- Η πρώτη μέθοδος βασίζεται στον υπολογισμό της σκληρότητας στοιχειομετρικά αφού έχουν προσδιοριστεί ξεχωριστά οι συγκεντρώσεις των ιόντων ασβεστίου, μαγνήσιου.
- Η δεύτερη μέθοδος είναι ογκομετρική και βασίζεται στην δέσμευση των ιόντων ασβεστίου και μαγνήσιου από τη χημική ένωση E.D.T.A.

Κατά τη μέτρηση των δειγμάτων μας χρησιμοποιήσαμε τη δεύτερη μέθοδο που είναι γνωστή και ως μέθοδος EDTA.

Με τη βοήθεια ογκομετρικού κυλίνδρου μεταφέρονται 50 ml δείγματος σε κωνική φιάλη των 250ml. Προσθέτουμε με σιφώνιο κάτω από τον επαγωγό 1ml αμμωνίας και μία ταμπλέτα δείκτη Eriochrome Black T.Αναδεύω μέχρι να διαλυθεί η ταμπλέτα και να έχουμε αλλαγή χρώματος

από άγρωμο σε σκούρο κόκκινο. Στη συνέχεια εκτελείται ογκομέτρηση με διάλυμα EDTA. Η ογκομέτρηση λαμβάνει τέρμα όταν θα έχουμε αλλαγή χρώματος από σκούρο κόκκινο σε πράσινο-κυπαρισί.

Για να υπολογίσουμε τη σκληρότητα σε mg/l $CaCO_3$ χρησιμοποιούμε το παρακάτω τύπο :

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ (EDTA)σε mg/l $CaCO_3$ =(AxBx1000)/ml δείγματος

Όπου **A=ml EDTA**

B=0,01(V_1/V_2) όπου V1=ο όγκος του πρότυπου διαλύματος σε ασβέστιο,σε ml

V2= ο όγκος του διαλύματος EDTA, σε ml

8.14 Μικροβιακοί παράμετροι

Όπως είναι γνωστό από μικροβιολογική άποψη, η εκτίμηση της ποιότητας του νερού βασίζεται στην αναζήτηση μικροβίων δεικτών [42], κυρίως παρουσίας περιττωματικών ουσιών στο νερό. Οι δείκτες αυτοί είναι αλλόχθονοι μικροοργανισμοί, οι οποίοι περνούν παροδικά μέσα στο υδάτινο οικοσύστημα, προερχόμενοι κυρίως από το γαστρεντερικό σωλήνα του ανθρώπου και ζώων. Αν παθογόνοι μικροοργανισμοί, υπάρχουν στο νερό, υπάρχουν σε πολύ χαμηλότερο αριθμό από την κοινή φυσιολογική χλωρίδα του εντέρου, για δε την απομόνωση τους απαιτούνται πολύπλοκες, χρονοβόρες και δαπανηρές εξετάσεις. Η αναζήτηση παθογόνων μικροοργανισμών δεν είναι κατάλληλη για έλεγχο ρουτίνας, δεδομένου ότι από άποψη Δημόσιας Υγείας μας ενδιαφέρει όχι τόσο εάν το νερό περιέχει πράγματι παθογόνους μικροοργανισμούς, όσο το αν μπορεί να περιέχει. Η αναζήτηση της φυσιολογικής εντερικής χλωρίδας παρέχει πολύ μεγαλύτερο όριο ασφαλείας.

Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενοι δείκτες είναι τα ολικά κωλοβακτηριοειδή, η E.coli, οι Εντερόκοκκοι, το Cl. perfrigens, οι κοινοί μεσόφιλοι μικροοργανισμοί, η Ps. aeruginosa.

Ολικά κολοβακτηριοειδή: Ανήκουν στην οικογένεια των Εντεροβακτηριακών. Τυπικά γένη συναντώμενα στα δίκτυα νερού είναι τα Citrobacter, Enterobacter, Hafnia, Serratia, Klebsiella. Δεν θεωρούνται σαν ειδικοί δείκτες κοπρανώδους μόλυνσης του νερού, δεδομένου ότι πολλά είδη είναι περιβαλλοντικής προέλευσης (έδαφος, φύλλα κ.λ.π.) Παρέχουν ενδείξεις για άλλης προέλευσης μικροβιακής μόλυνσης του νερού, συμπληρώνοντας έτσι τα στοιχεία που παρέχονται από άλλες παραμέτρους. Αποτελούν ενδεικτική παράμετρο.

E.coli: Ανήκει στα κωλοβακτηριοειδή, συνεπώς είναι μέλος της οικογένειας των Εντεροβακτηριακών και θεωρείται ο βασικός δείκτης κοπρανώδους μόλυνσης, τόσο του πρωτογενούς, όσο και του κατεργασμένου νερού. Η E.coli αποτελεί μόνιμο ξενιστή του εντέρου των ανθρώπων και των θερμόαιμων ζώων, όπου μπορεί να υπάρχει σε μεγάλους αριθμούς (μέχρι και 10^9/gr κοπράνων) και μπορεί να αντιπροσωπεύει το 95% των Εντεροβακτηριακών που ανευρίσκονται στα κόπρανα. Τα χαρακτηριστικά επιβίωσης και η ευαισθησία της στα απολυμαντικά είναι όμοια με εκείνα πολλών παθογόνων μικροβίων, ιδιαίτερα δε με την Σαλμονέλλα και την Σιγκέλλα. Λόγω των ιδιοτήτων αυτών, η E.coli είναι ο καλύτερος βιολογικός δείκτης κοπρανώδους μόλυνσης του νερού. Η απομόνωση της από δείγματα νερού, αποδεικνύει πέρα από κάθε αμφιβολία την πρόσμιξη του νερού με περιττωματικές ουσίες, υποδηλώνοντας ότι και οποιοσδήποτε άλλος μικροοργανισμός και κατ' επέκταση και παθογόνοι μικροοργανισμοί, που τυχόν βρίσκεται στο έντερο των ανθρώπων και των ζώων μπορούν να εισχωρήσουν στο νερό επισημαίνοντας τους δυνητικούς κινδύνους μετάδοσης λοιμωδών νοσημάτων.

Εντερόκοκκοι: Ανήκουν στην οικογένεια των Στρεπτοκόκκων, στην ομάδα των D κατά Lancefield. Αποτελούνται από διάφορα είδη που υπάρχουν στα κόπρανα ανθρώπων και θερμόαιμων ζώων. Στα κόπρανα ανθρώπων οι εντερόκοκκοι σπανίως υπερβαίνουν τους 10^6 /gr, ενώ στα κόπρανα των ζώων υπάρχουν σε μεγαλύτερο αριθμό από την E.coli. Σπανίως πολλαπλασιάζονται στο νερό και παρουσιάζουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στα περιβαλλοντικά

stress και στην χλωρίωση από την E.coli. Η παρουσία τους αποτελεί απόδειξη μόλυνσης του ύδατος με περιττωματικές ουσίες και δη παλαιότερης μόλυνσης. Ο κύριος λόγος αναζήτησης τους είναι η εκτίμηση της σημασίας της παρουσίας Ολικών Κωλοβακτηριοειδών επί απουσίας E.coli καθώς και η παροχή συμπληρωματικών πληροφοριών για την εκτίμηση της έκτασης πιθανής κοπρανώδους μόλυνσης.

8.14.1 Υποστρώματα βακτηρίων

Membrane Lauryl Sulphate Broth [52] Δημιουργία Υποστρώματος: Το υπόστρωμα περιγράφηκε αρχικά από τους Slanetz και Bartley για την απαρίθμηση των εντεροκόκκων από τις δειγματοληψίες ύδατος, χρησιμοποιώντας την τεχνική διήθησης μεμβρανών, αλλά μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα για την εξέταση άλλων τύπων δειγμάτων. Οι εντερόκοκκοι μειώνουν το χλωρίδιο tetrazolium στην αδιάλυτη κόκκινη χρωστική ουσία formazan, παράγοντας τις αποικίες που είναι σκούρο κόκκινο ή καφέ στην επιφάνεια της μεμβράνης ή του άγαρ. Αυτή η αντίδραση δεν αφορά αποκλειστικά και μόνο τους εντεροκόκκους, και η μέτρησή τους πρέπει σε αυτή τη φάση να θεωρηθεί πιθανή. Οι αποικίες μπορούν να επιβεβαιωθούν ως εντερόκοκκοι με την επίδειξη της υδρόλυσης aesculin χρησιμοποιώντας kanamycin Aesculin Azide Agar LAB106.

Πίν. 13. *Σύνθεση του υποστρώματος Membrane Lauryl Sulphate Broth [51]*

Formulation	G/litre
Tryptone	20
Yeast Extract	5
Glucose	2
Dipotassium hydrogen pHospHate	4
Sodium azide	0,4
2,3,4 Tetrazolium chloride	0,1
Agar	12

8.14.2 Μέθοδος για την σύνθεση του υποστρώματος

Ζυγίζονται 43,5 γραμμάρια υποστρώματος Slanetz και Bartley και διαλύονται σε 1 λίτρο αποστειρωμένου νερού. Το διάλυμα φέρεται σε ελαφρύ βρασμό (εμφάνιση φυσαλίδων στον πάτο) με αργή ανάδευση, ώστε να διαλυθεί εντελώς (διαυγές διάλυμα). Το διάλυμα ψύχεται στους 47°C και μοιράζεται στα αποστειρωμένα τρυβλία. Το διάλυμα δεν επιτρέπεται να αποστειρωθεί, να υπερθερμανθεί, ή να αφεθεί για διάστημα μεγαλύτερο από 4 ώρες σε 47°C.

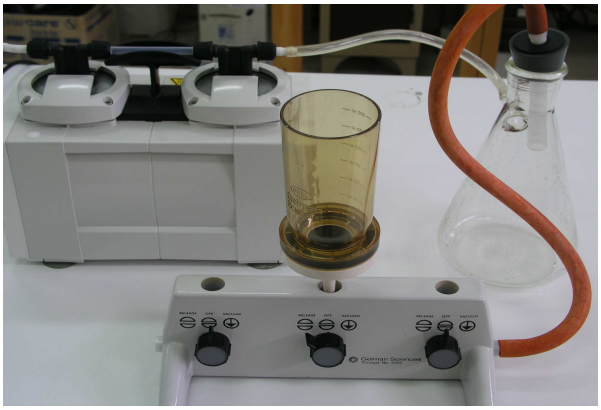
Εμφάνιση: υπόστρωμα ροζ χρώματος με pH: 7.2 ± 0,2

Αποθήκευση των υποστρωμάτων : Τρυβλία - μέχρι 7 ημέρες στους 2- 8°C. Η αποθήκευση σε μπουκάλια δεν συστήνεται διότι αν λιώσουμε ξανά το υπόστρωμα θα αλλοιωθεί.

Διήθηση:Φιλτράρονται 100ml νερού μέσω μιας μεμβράνης 0,45μm(Pall GN-6 mertical grid) και τοποθετείται το φίλτρο σε τρυβλίο στην επιφάνεια ενός κατάλληλου υποστρώματος Slanetz και Bartley. Αναλυτικά η διαδικασία είναι η εξής:

Συνδέουμε κατάλληλα την αντλία κενού (Buchi Vac V-500), το φίλτρο και το ποτήρι διήθησης. Αποστειρώνουμε τη λαβίδα με φλόγα. Με την αποστειρωμένη λαβίδα τοποθετούμε προσεκτικά μια μεμβράνη 0,45(Gelman) πάνω στο φίλτρο του ποτηριού διήθησης. Τοποθετούμε σε έναν ογκομετρικό κύλινδρο 100ml δείγματος. Εισάγουμε τα 100ml δείγματος στο ποτήριο διήθησης.Ανοίγουμε την αντλία και στρέφουμε τον διακόπτη δεξιόστροφα στην ένδειξη ώστε να

πραγματοποιηθεί η διήθηση. Ξεπλένουμε το ποτήριο με 100ml αποστειρωμένο νερό. Στρέφουμε τον διακόπτη αντίστροφα ώστε να σπάσει το κενό. Αποστειρώνουμε ξανά τη λαβίδα στη φλόγα. Παίρνουμε με τη λαβίδα τη μεμβράνη και την τοποθετούμε στο κατάλληλο υπόστρωμα (Membrane Lauryl Sulphate Broth ή Slanetz και Bartley). Τοποθετούμε τα τρυβλία σε κατάλληλη θερμοκρασία (37 ή 44.50C) θαλάμους επώασης, ώστε να γίνει η επώαση και να εμφανιστούν οι αποικίες για 24 ή 48 ώρες ανάλογα.



Εικ.33 *Σύστημα διήθησης δείγματος για μικροβιολογικό έλεγχο*

Πρέπει να υπάρχει προσοχή ώστε τα τρυβλία με τα υποστρώματα να μην έρχονται σε επαφή με υγρασία προτού χρησιμοποιηθούν και να μην χρησιμοποιούνται μετά το πέρας μιας εβδομάδας για τον εντερόκοκκο και ενός μήνα για τα ολικά και τα κοπρανώδη κολοβακτήρια αφότου παρασκευάστηκαν.

Επώαση:Η επώαση για τα πόσιμα νερά και τα νερά κολύμβησης πραγματοποιείται στους 37°C για 48 ώρες.

Μετρήσεις:Μετράμε όλες τις κόκκινες και καφέ αποικίες ως πιθανούς εντερόκοκκους. Η επιβεβαίωση των αποικιών μπορεί να επιτευχθεί από την επίδειξη μιας θετικής αντίδρασης aesculin σε KAAA LAB106.

8.14.3 Membrane Lauryl Sulphate Broth

Το υπόστρωμα αυτό βασίζεται στο lauryl θειικό άλας νατρίου [52]. Το lauryl θειικό άλας νατρίου βρέθηκε για να είναι επαρκές αναπαραγώγιμο υποκατάστατο και αυτό το μέσο συστήνεται για την απαρίθμηση των κολοβακτηρίων και των οργανισμών στο νερό και τα λύματα.

Πίνακας 14. *Σύνθεση του υποστρώματος Membrane Lauryl Sulphate Broth .*

Formulation	G/litre
Peptone	39

Yeast Extract	6
Lactose	30
PHenol red	0,2
Sodium lauryl sulpHate	1

Μέθοδος για την σύνθεση του υποστρώματος:Ζυγίζονται 76,2 γραμμάρια σκόνης και 1,5%w/v άγαρ και διαλύονται σε 1 λίτρο αποστειρωμένου νερού. Αποστειρώνεται στους 115°C για 10 λεπτά. Ελαφρά ανάδευση, με προσοχή στην αποφυγή αφρισμού. Αφού κρυώσει το μίγμα μοιράζεται στα αποστειρωμένα τρυβλία.

Εμφάνιση: υπόστρωμα κόκκινου χρώματος με pH: 7.4 ± 0,2

Αποθήκευση των υποστρωμάτων: Σε τρυβλία μέχρι 3 μήνες στους 15-20°C στο σκοτάδι.

Διήθηση:Οι μετρήσεις E coli και ολικών κολοβακτηρίων πρέπει να γίνονται σε χωριστά δείγματα νερού. Οι όγκοι των δειγμάτων πρέπει να επιλέγονται ανάλογα με τον αριθμό των αποικιών στην μεμβράνη μεταξύ 10 και 100. Με τα νερά που αναμένονται για να περιέχουν λιγότερο από 1 κολοβακτηρίδιο ανά ml, πρέπει να φιλτραριστεί ένα δείγμα 100ml. Το φίλτρο μεμβρανών μετά από τη διήθηση, πρέπει να τοποθετείται πρόσωπο προς τα πάνω σε ένα τρυβλίο με υπόστρωμα Membrane Lauryl Sulphate Broth. Αυτές οι μεμβράνες πρέπει να επωαστούν σε ένα θάλαμο επώασης που δεν επιτρέπει την εξάτμιση στους 44°C.

Επώαση:Τα E. coli απαιτούν 24 ώρες στους 44°C. Τα ολικά κολοβακτήρια 24 ώρες στους 37°C.

Ερμηνεία: Καμία αποικία:- υποθέτουμε ότι δεν υπάρχουν αποικίες .

Μικρές αποικίες ενός ενδιάμεσου χρώματος: επιστροφή στην επώαση για μια πλήρη περίοδο.

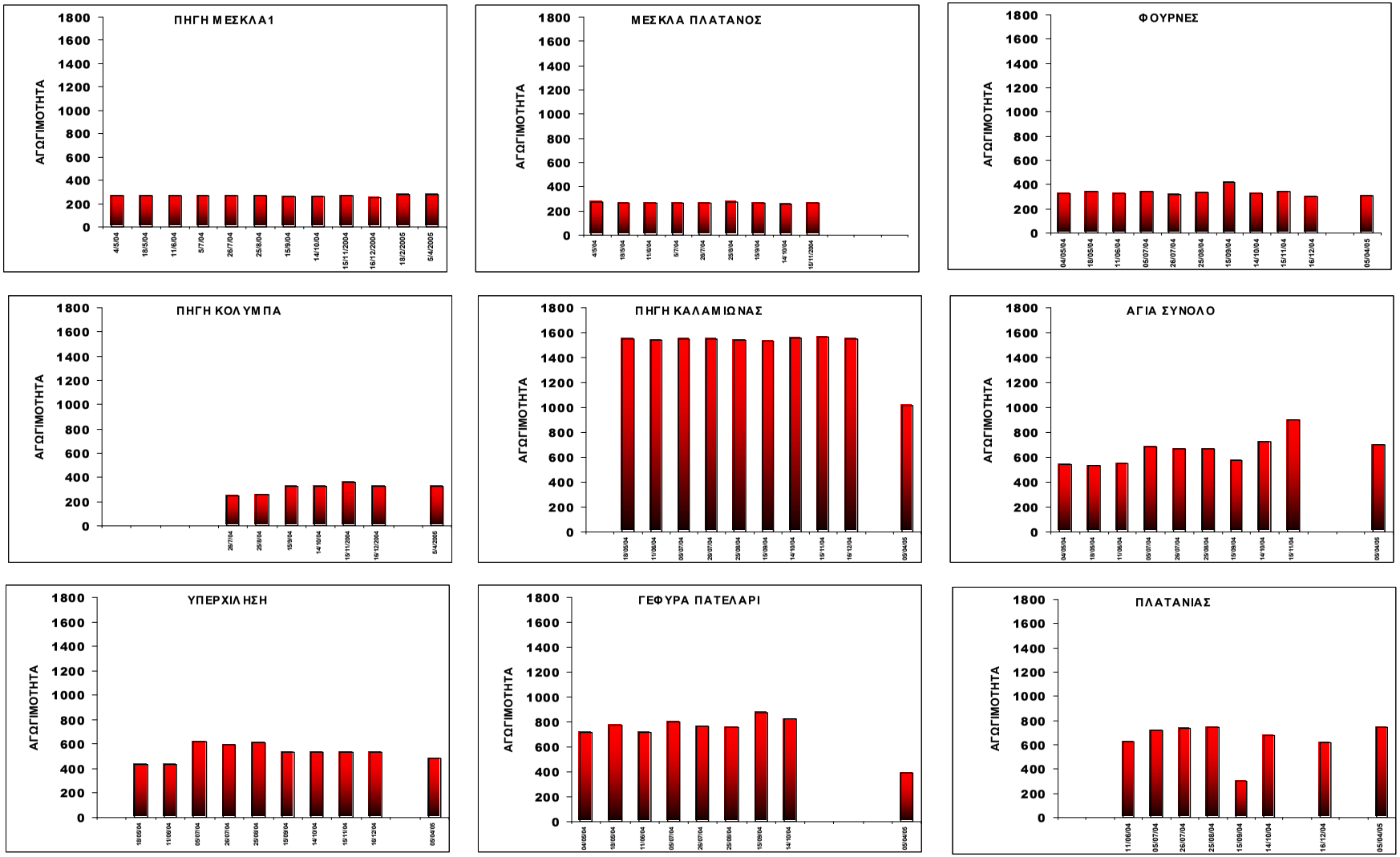
E coli: Κίτρινες χρωματισμένες αποικίες από τις μεμβράνες που επωάζονται για 24 ώρες στους 44°C. Για να επιβεβαιωθούν πρέπει να υποκαλλιεργηθούν στο Lactose Broth LAB126 και Tryptone Water LAB129

Ολικά κολοβακτήρια: Κίτρινες αποικίες από τις μεμβράνες που επωάζονται για 24ώρες στους 35°Cή 37°C. Για να επιβεβαιωθούν πρέπει να υποκαλλιεργηθούν στο Lactose Broth LAB126.

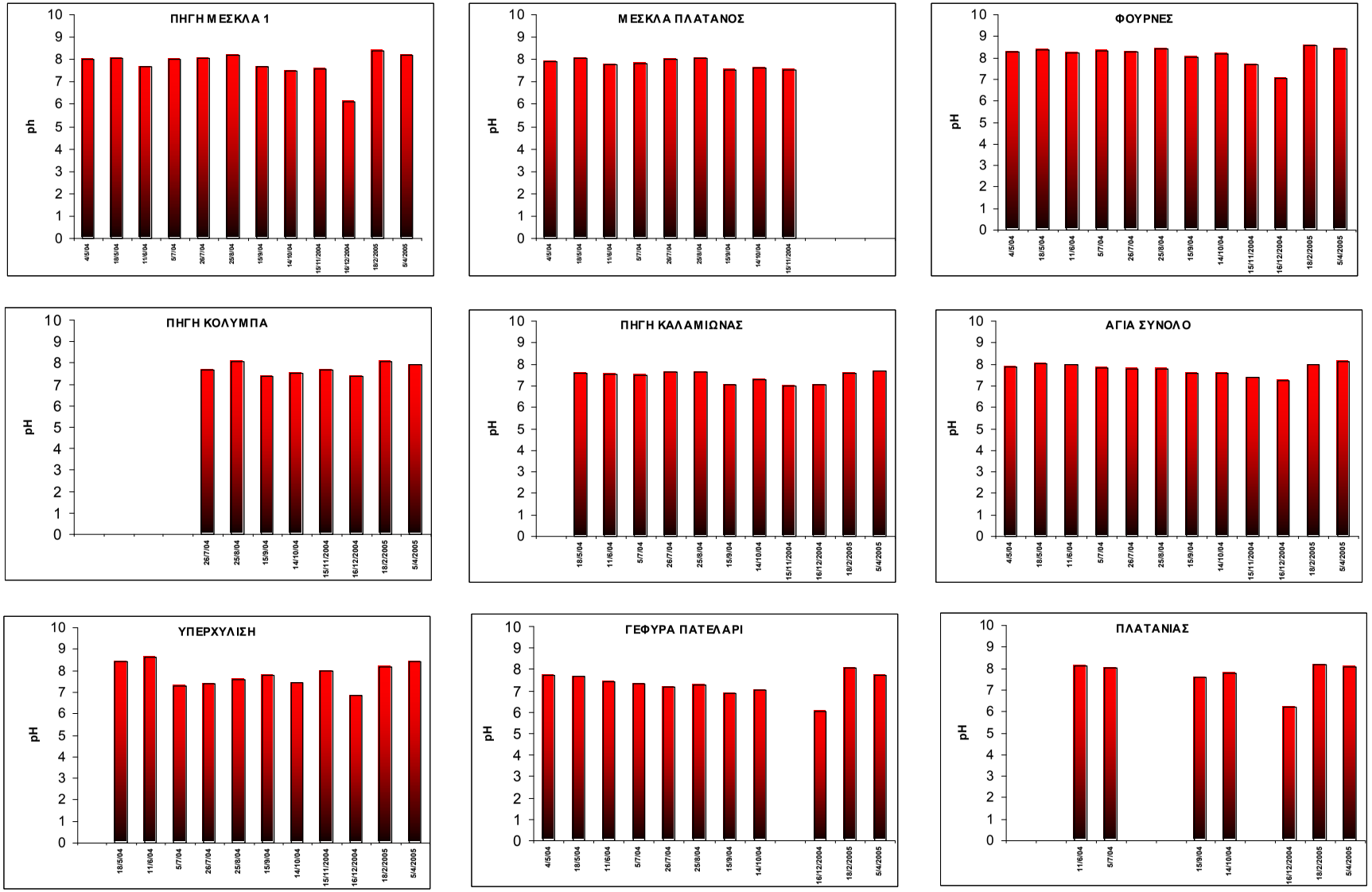
Πίνακας 15. *Μικροβιολογικώς χαρακτηρισμός των νερών[53]*

Κολοβακηρίδια/100 ml	**Χαρακτηρισμός**
0-1	Πόσιμο νερό
10-100	Μη ρυπασμένα επιφανειακά νερά
500-1000	Νερά ύποπτα για μόλυνση
1000-5000	Νερά μέτρια μολυσμένα
10.000-100.000	Νερά έντονα μολυσμένα

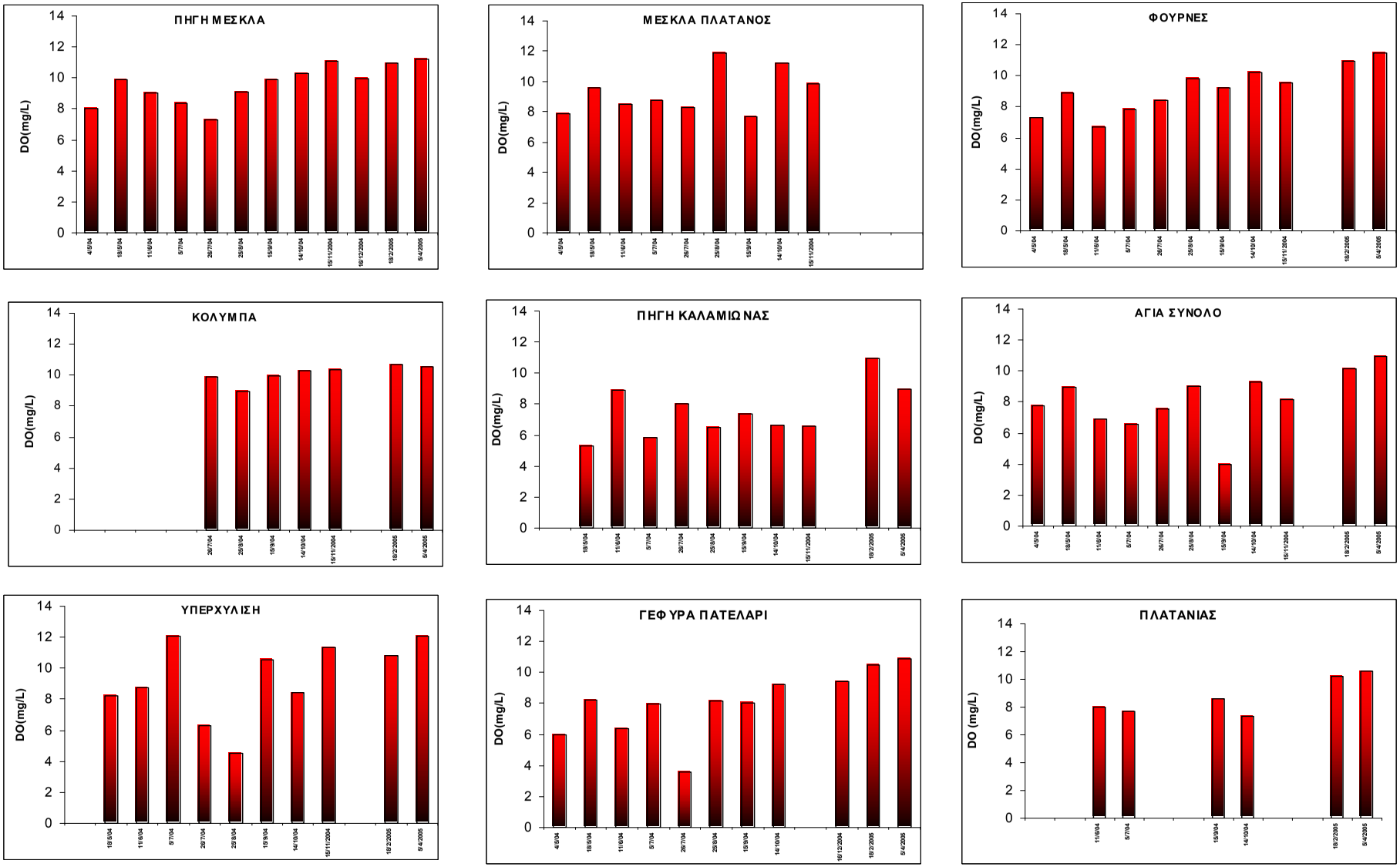
Εικ.34 *Αποικίες των E coli βακτηριδίων και των ολικών κολοβακτηρίων από διαφορετικές περιοχές δειγματοληψίας (13/10/2004).*



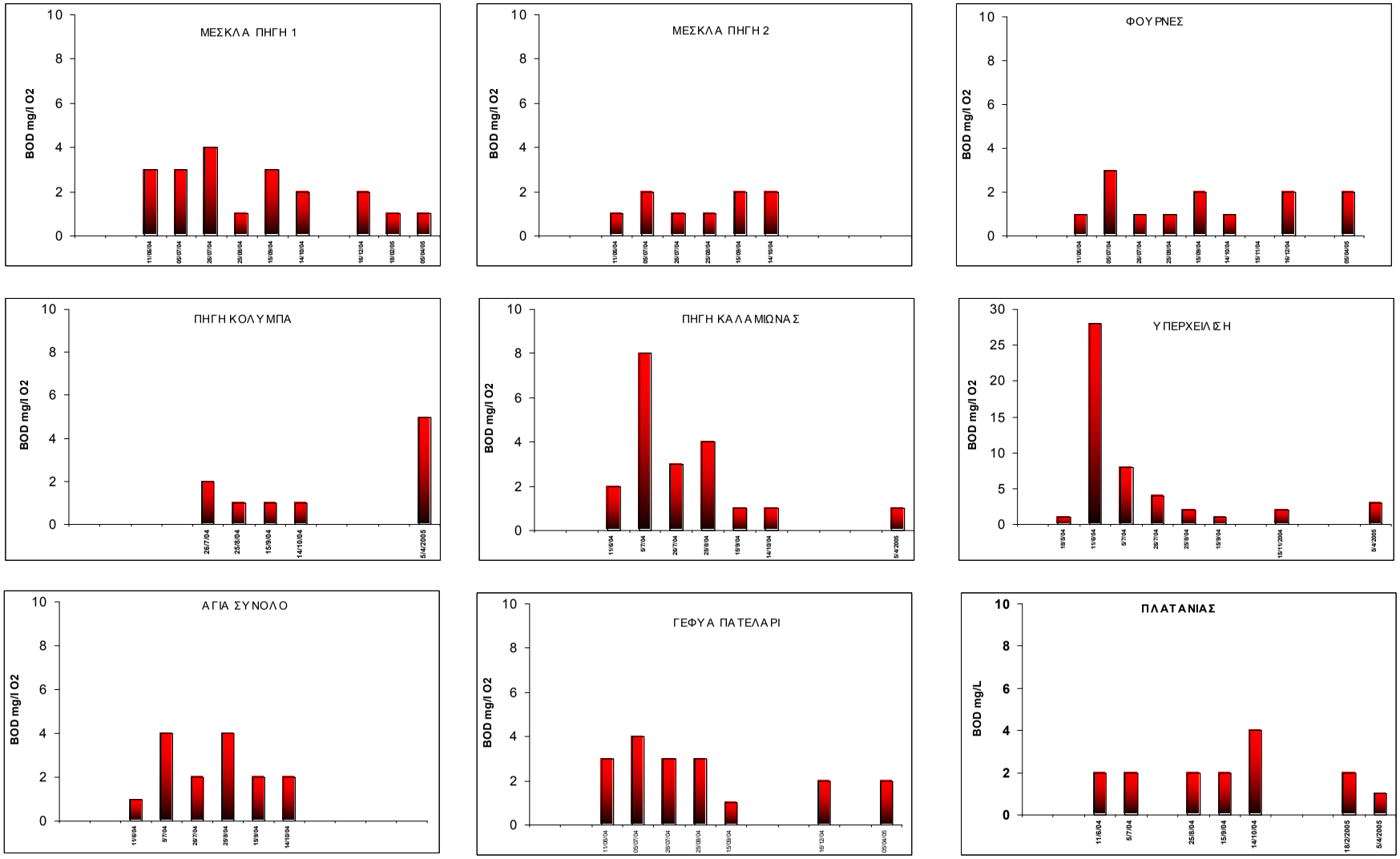
Διάγραμμα1. ***Μεταβολή της Αγωγιμότητας*** *δειγμάτων νερού από τα σημεία Πηγή Μεσκλά 1, Μεσκλά Πλάτανος, Φουρνές, Πηγή Κολύμπα, Καλαμιώνας, Αγιά Σύνολο, Υπερχίληση, Πατελάρι, Πλατανιας στην λεκάνη απορροής του ποταμού Κερίτη την περίοδο από 4/05/04μέχρι 05/04/05*



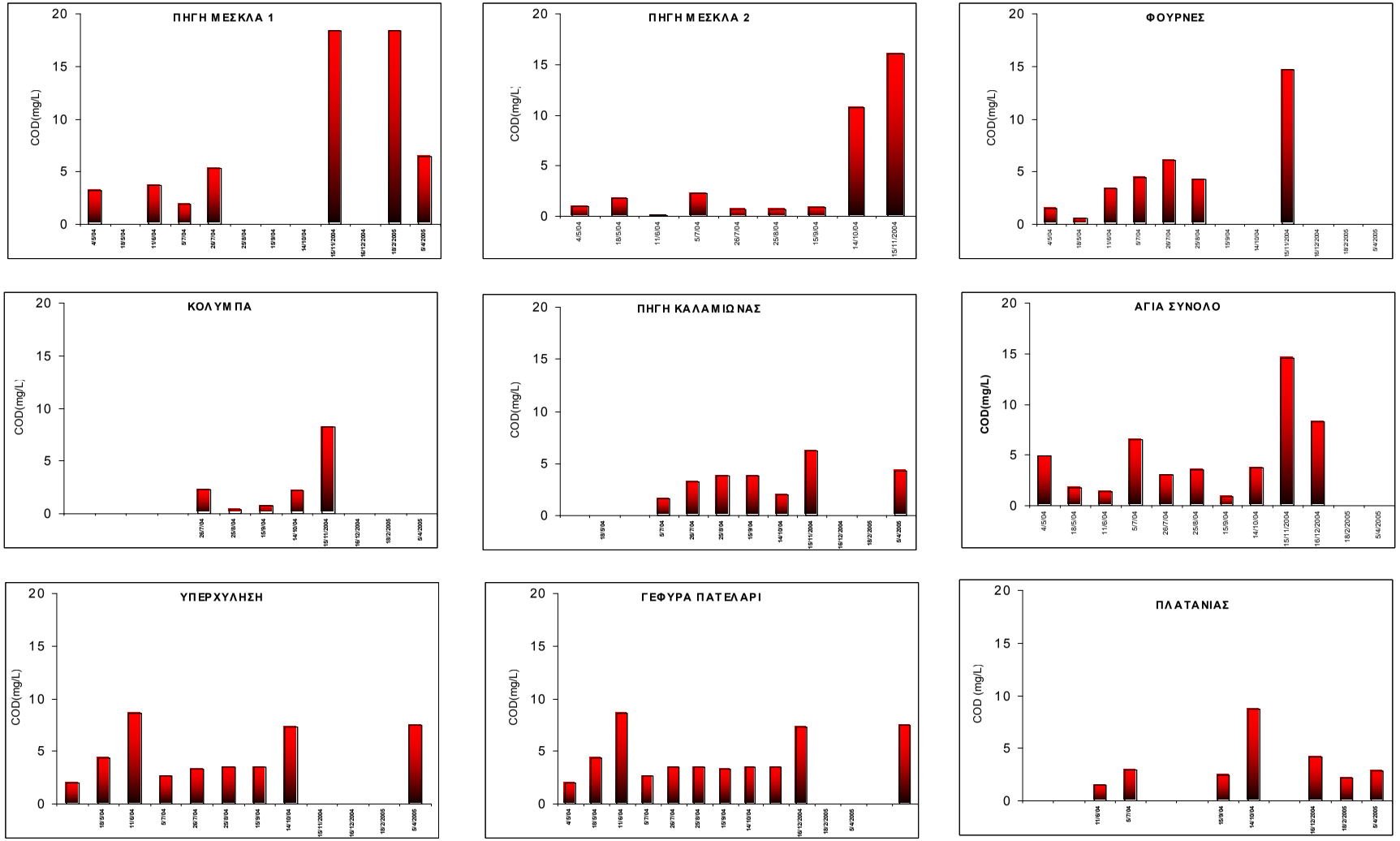
Διάγραμμα2. ***Μεταβολή του pH*** *δειγμάτων νερού από τα σημεία Πηγή Μεσκλά 1, Μεσκλά Πλάτανος, Φουρνές, Πηγή Κολύμπα, Καλαμιώνας, Αγιά Σύνολο, Υπερχίληση, Πατελάρι, Πλατανιας στην λεκάνη απορροής του ποταμού Κερίτη την περίοδο από 4/05/04μέχρι 05/04/05*



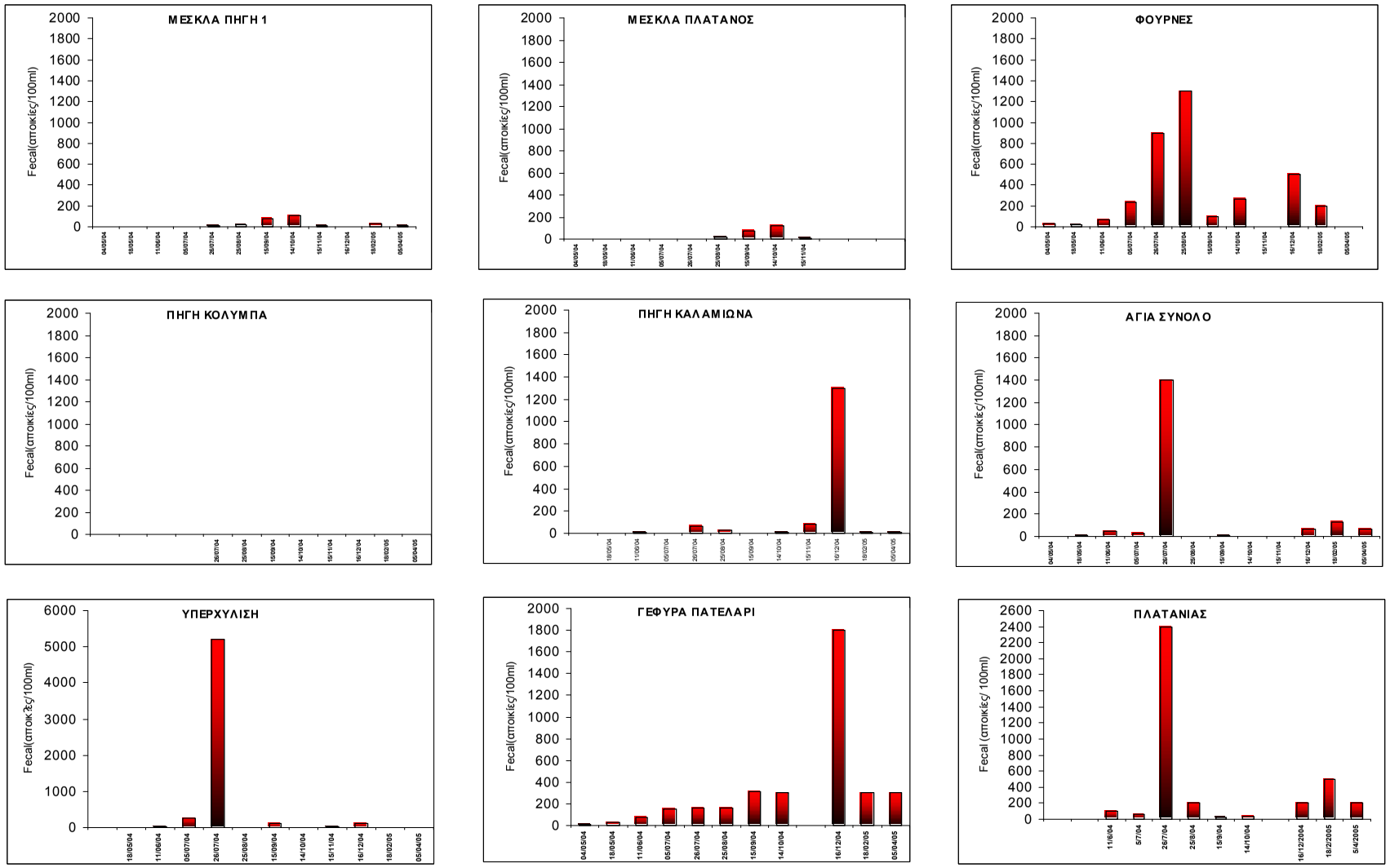
Διάγραμμα3. ***Μεταβολή του DO*** *δειγμάτων νερού από τα σημεία Πηγή Μεσκλά 1, Μεσκλά Πλάτανος, Φουρνές, Πηγή Κολύμπα, Καλαμιώνας, Αγιά Σύνολο, Υπερχίληση, Πατελάρι, Πλατανιας στην λεκάνη απορροής του ποταμού Κερίτη την περίοδο από 4/05/04μέχρι 05/04/05*



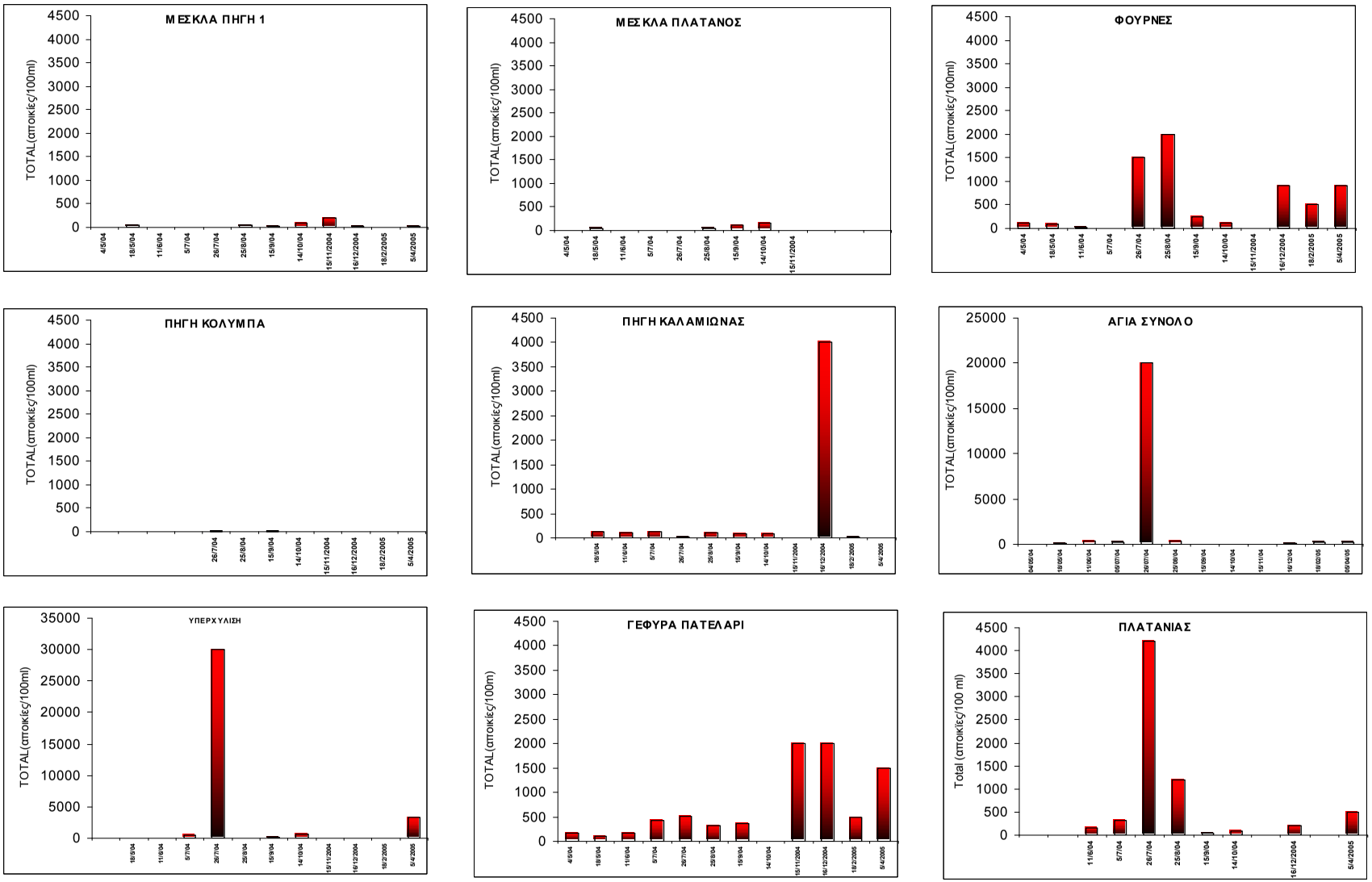
Διάγραμμα 4. ***Μεταβολή BOD*** *δειγμάτων νερού από τα σημεία Πηγή Μεσκλά 1, Μεσκλά Πλάτανος, Φουρνές, Πηγή Κολύμπα, Καλαμιώνας, Αγιά Σύνολο, Υπερχίληση, Πατελάρι, Πλατανιας στην λεκάνη απορροής του ποταμού Κερίτη την περίοδο από 4/05/04μέχρι 05/04/05*



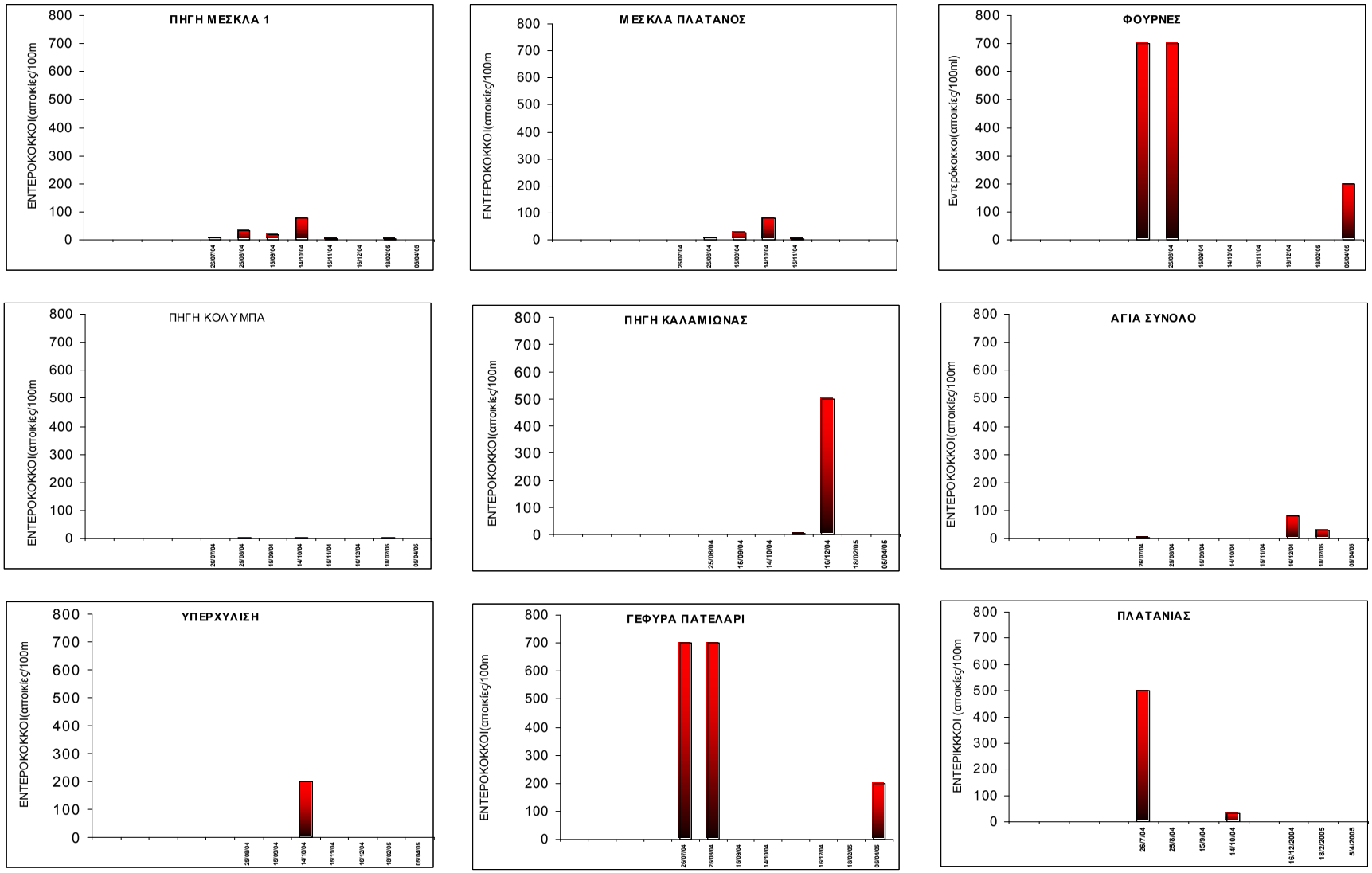
Διάγραμμα 5. ***Μεταβολή COD*** *δειγμάτων νερού από τα σημεία Πηγή Μεσκλά 1, Μεσκλά Πλάτανος, Φουρνές, Πηγή Κολύμπα, Καλαμιώνας, Αγιά Σύνολο, Υπερχίληση, Πατελάρι, Πλατανιας στην λεκάνη απορροής του ποταμού Κερίτη την περίοδο από 4/05/04μέχρι 05/04/05*



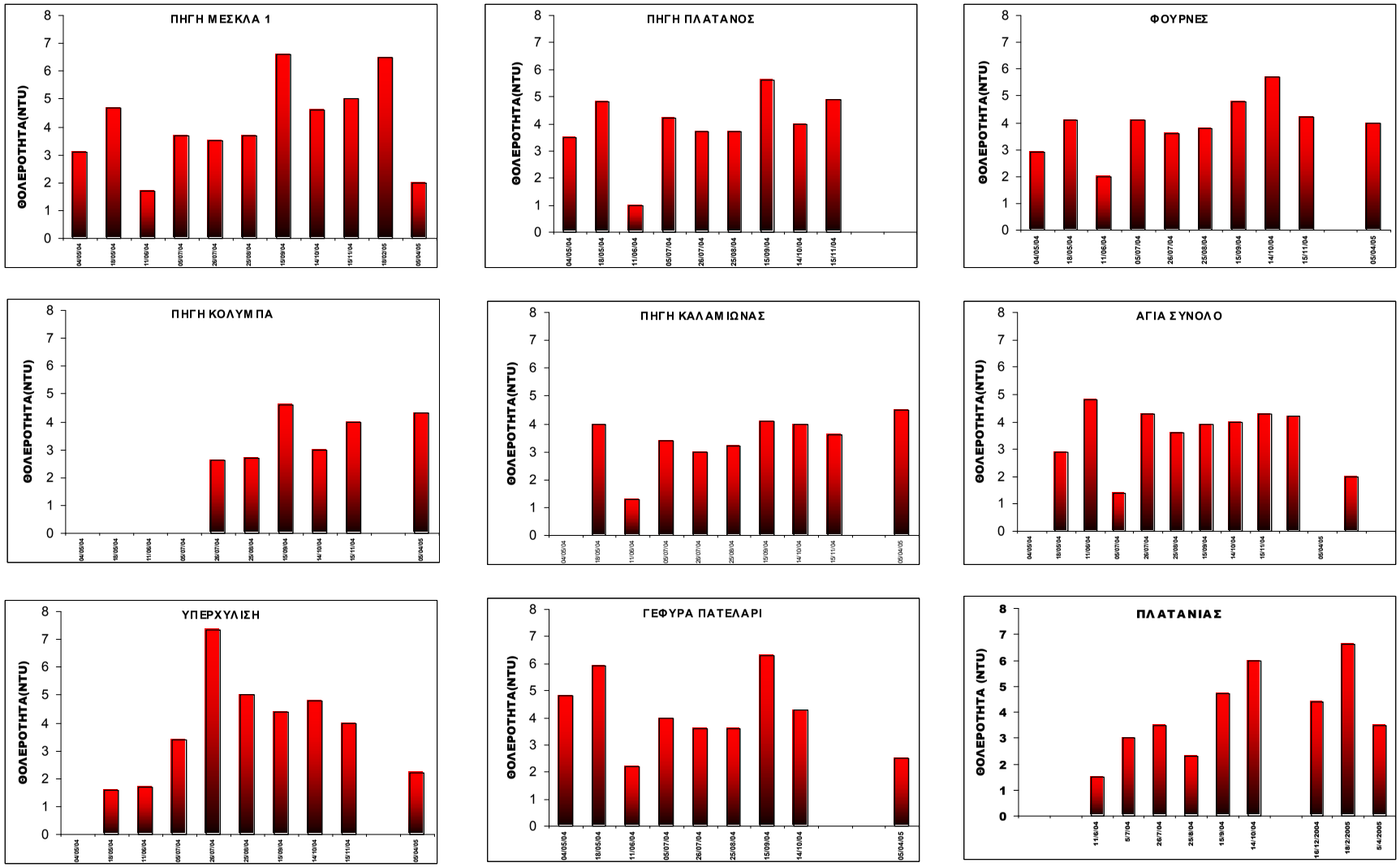
Διάγραμμα 6. ***Μεταβολή αποικιών Ecoli*** *δειγμάτων νερού από τα σημεία Πηγή Μεσκλά 1, Μεσκλά Πλάτανος, Φουρνές, Πηγή Κολύμπα, Καλαμιώνας, Αγιά Σύνολο, Υπερχίληση, Πατελάρι, Πλατανιας στην λεκάνη απορροής του ποταμού Κερίτη την περίοδο από 4/05/04μέχρι 05/04/05*



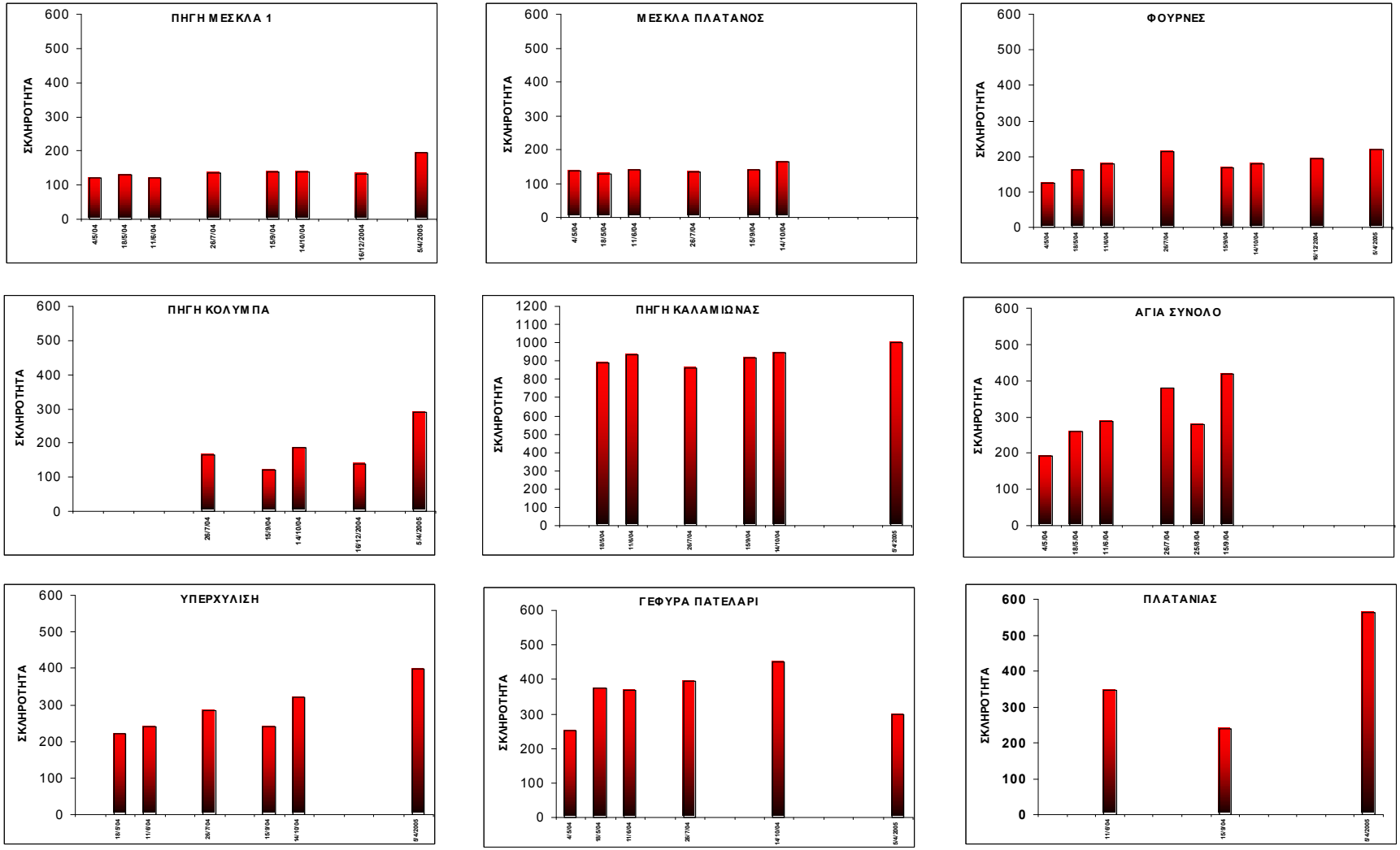
Διάγραμμα 7. ***Μεταβολή αποικιών ολικών κολοβακτηριδίων*** *δειγμάτων νερού από τα σημεία Πηγή Μεσκλά 1, Μεσκλά Πλάτανος, Φουρνές, Πηγή Κολύμπα, Καλαμιώνας, Αγιά Σύνολο, Υπερχίληση, Πατελάρι, Πλατανιας στην λεκάνη απορροής του ποταμού Κερίτη την περίοδο από 4/05/04μέχρι 05/04/05*



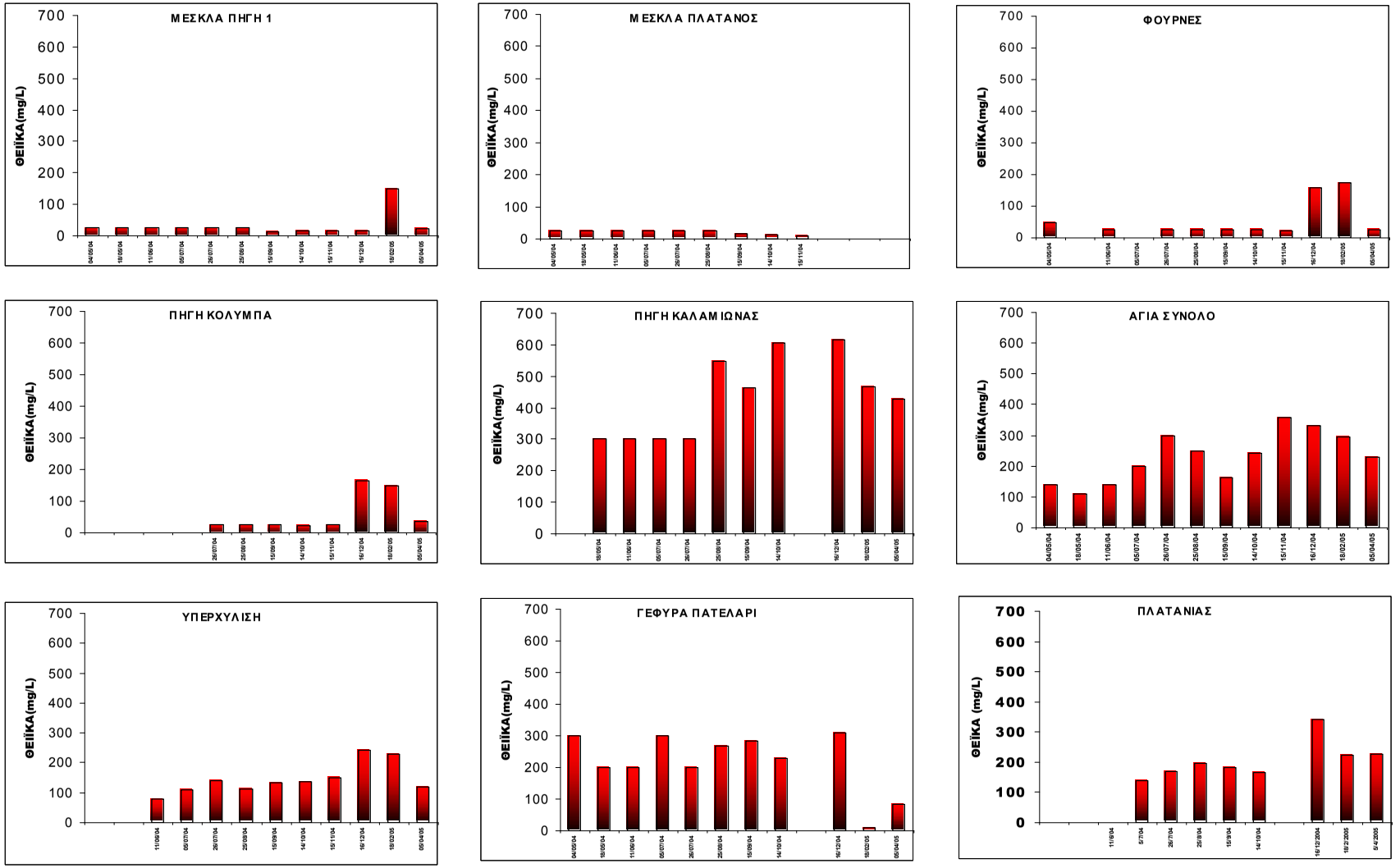
Διάγραμμα 8. ***Μεταβολή αποικιών Εντερόκοκκων*** *δειγμάτων νερού από τα σημεία Πηγή Μεσκλά 1, Μεσκλά Πλάτανος, Φουρνές, Πηγή Κολύμπα, Καλαμιώνας, Αγιά Σύνολο, Υπερχίληση, Πατελάρι, Πλατανιας στην λεκάνη απορροής του ποταμού Κερίτη την περίοδο από 4/05/04μέχρι 05/04/05*



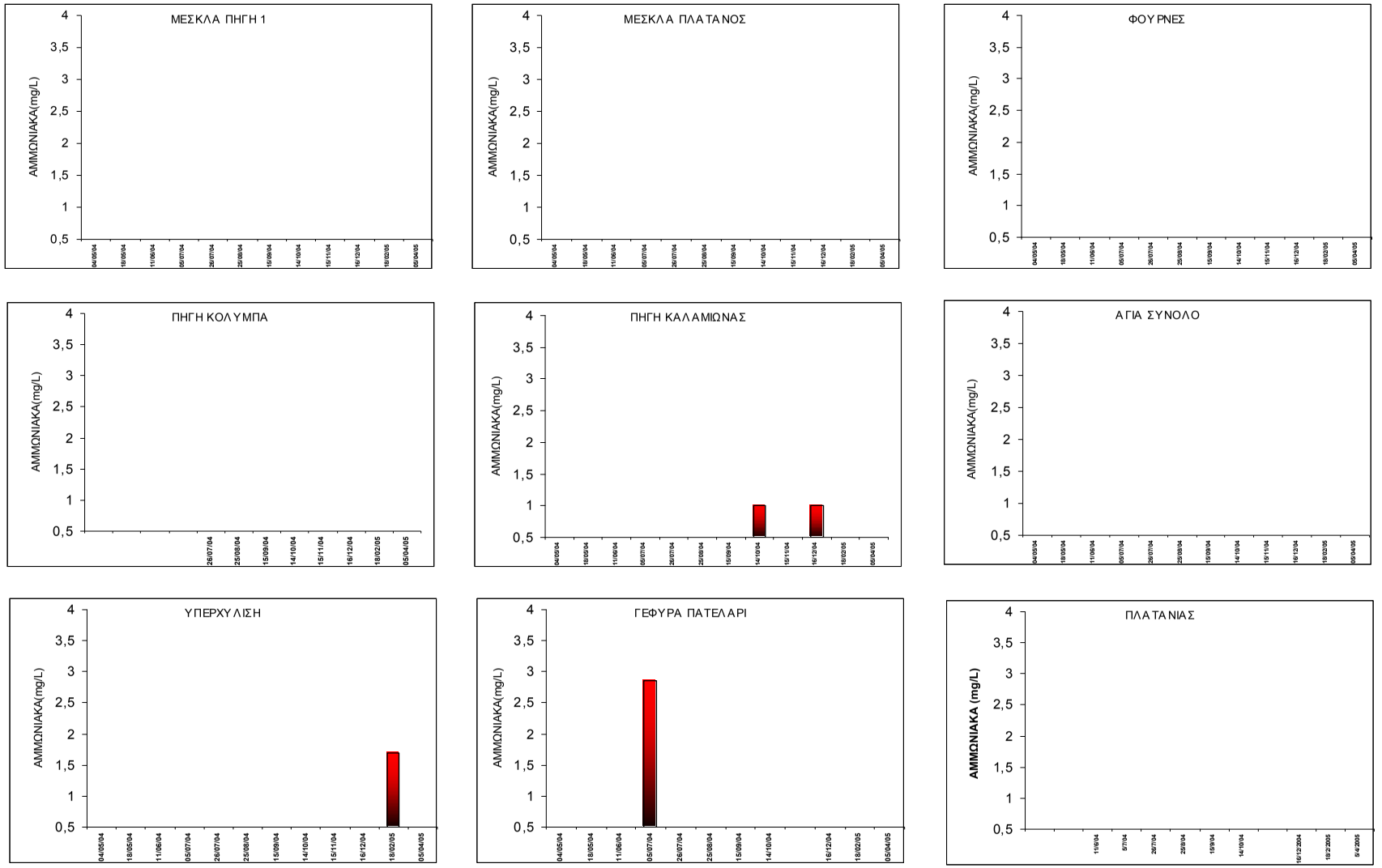
Διάγραμμα 9. ***Μεταβολή Θολερότητας*** *δειγμάτων νερού από τα σημεία Πηγή Μεσκλά 1, Μεσκλά Πλάτανος, Φουρνές, Πηγή Κολύμπα, Καλαμιώνας, Αγιά Σύνολο, Υπερχίληση, Πατελάρι, Πλατανιας στην λεκάνη απορροής του ποταμού Κερίτη την περίοδο από 4/05/04μέχρι 05/04/05*



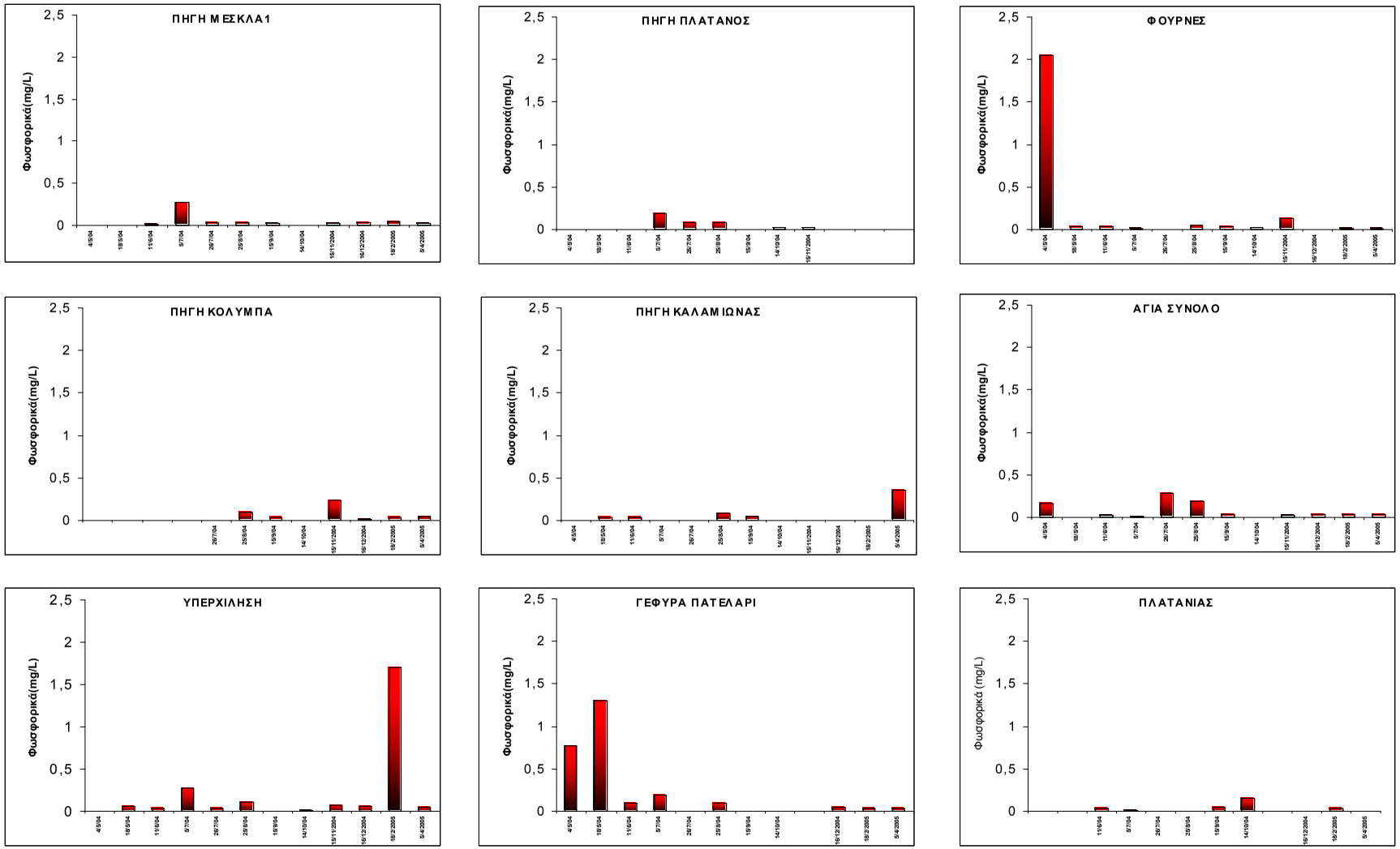
Διάγραμμα 10. ***Μεταβολή Σκληρότητας*** *δειγμάτων νερού από τα σημεία Πηγή Μεσκλά 1, Μεσκλά Πλάτανος, Φουρνές, Πηγή Κολύμπα, Καλαμιώνας, Αγιά Σύνολο, Υπερχίληση, Πατελάρι, Πλατανιας στην λεκάνη απορροής του ποταμού Κερίτη την περίοδο από 4/05/04μέχρι 05/04/05*



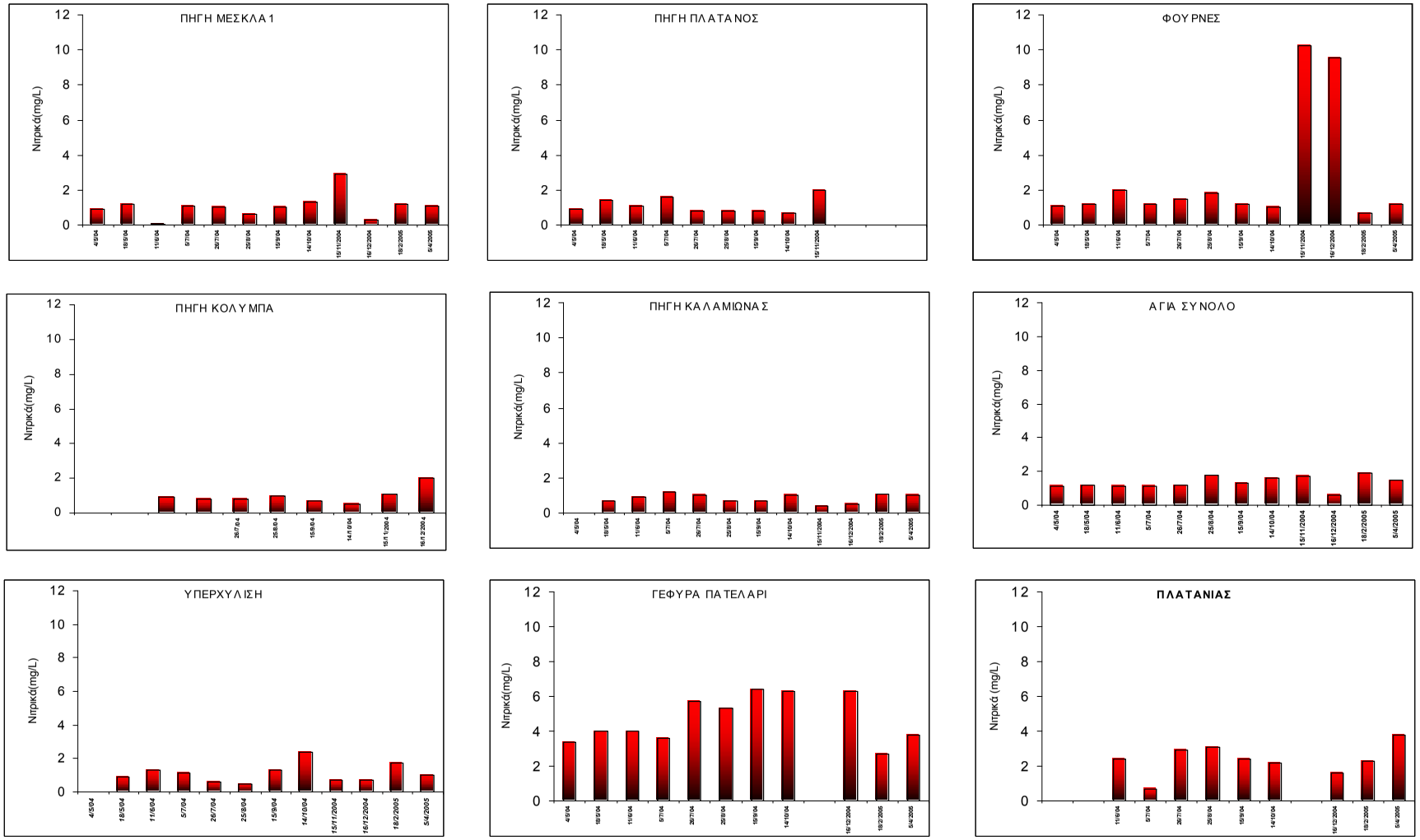
Διάγραμμα11. ***Μεταβολή Θειϊκών ιόντων*** *δειγμάτων νερού από τα σημεία Πηγή Μεσκλά 1, Μεσκλά Πλάτανος, Φουρνές, Πηγή Κολύμπα, Καλαμιώνας, Αγιά Σύνολο, Υπερχίληση, Πατελάρι, Πλατανιας στην λεκάνη απορροής του ποταμού Κερίτη την περίοδο από 4/05/04μέχρι 05/04/05*



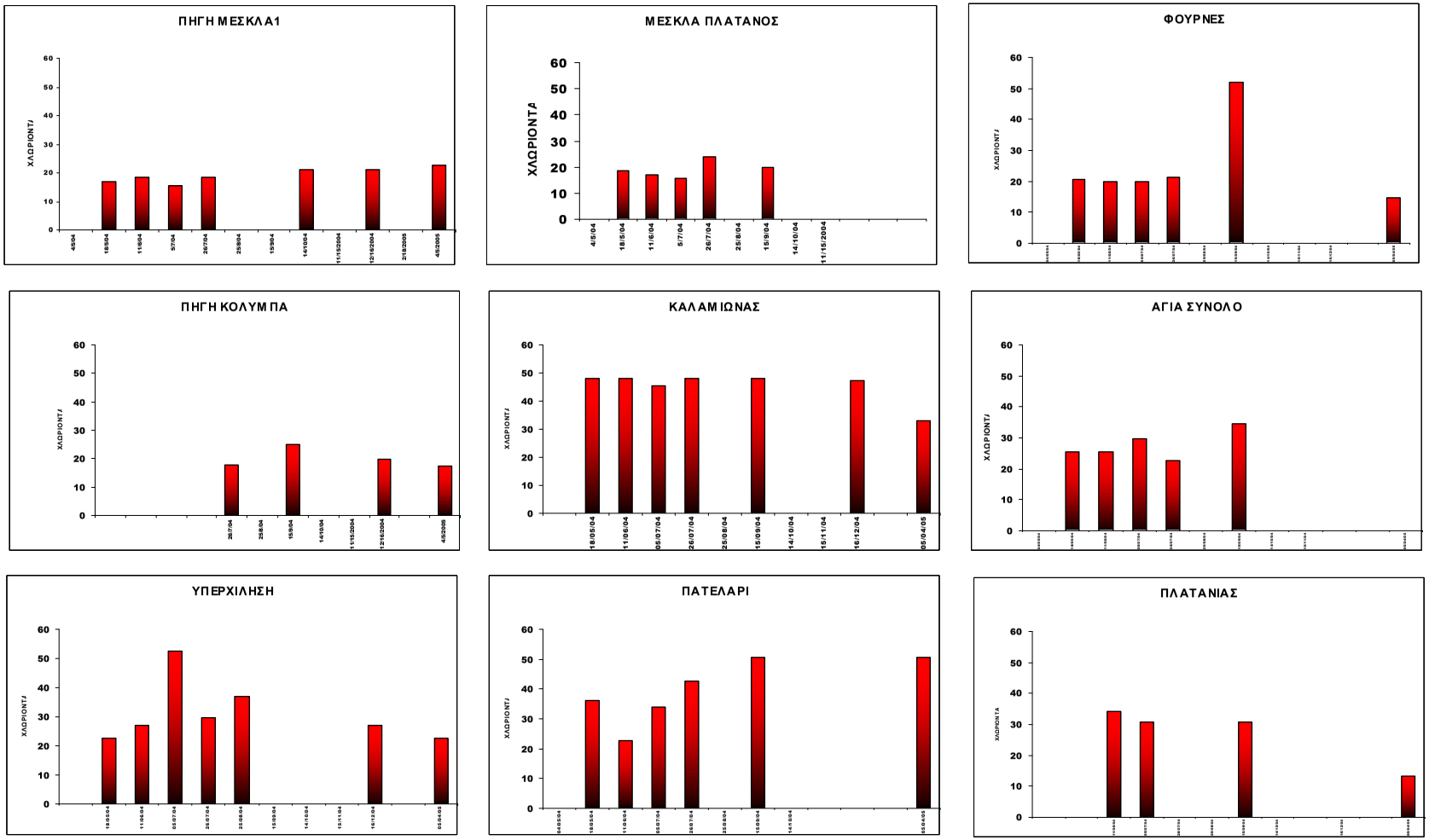
Διάγραμμα12. ***Μεταβολή του Αμμωνιακών ιόντων*** *δειγμάτων νερού από τα σημεία Πηγή Μεσκλά 1, Μεσκλά Πλάτανος, Φουρνές, Πηγή Κολύμπα, Καλαμιώνας, Αγιά Σύνολο, Υπερχίληση, Πατελάρι, Πλατανιας στην λεκάνη απορροής του ποταμού Κερίτη την περίοδο από 4/05/04μέχρι 05/04/05*



Διάγραμμα13. ***Μεταβολή Φωσφορικών ιόντων*** *δειγμάτων νερού από τα σημεία Πηγή Μεσκλά 1, Μεσκλά Πλάτανος, Φουρνές, Πηγή Κολύμπα, Καλαμιώνας, Αγιά Σύνολο, Υπερχίληση, Πατελάρι, Πλατανιας στην λεκάνη απορροής του ποταμού Κερίτη την περίοδο από 4/05/04μέχρι 05/04/05*



Διάγραμμα14. ***Μεταβολή Νιτρικών ιόντων*** *δειγμάτων νερού από τα σημεία Πηγή Μεσκλά 1, Μεσκλά Πλάτανος, Φουρνές, Πηγή Κολύμπα, Καλαμιώνας, Αγιά Σύνολο, Υπερχίληση, Πατελάρι, Πλατανιας στην λεκάνη απορροής του ποταμού Κερίτη την περίοδο από 4/05/04μέχρι 05/04/05*



Διάγραμμα11. ***Μεταβολή των Χλωριόντων*** *δειγμάτων νερού από τα σημεία Πηγή Μεσκλά 1, Μεσκλά Πλάτανος, Φουρνές, Πηγή Κολύμπα, Καλαμιώνας, Αγιά Σύνολο, Υπερχείληση, Πατελάρι, Πλατανιάς στην λεκάνη απορροής του ποταμού Κερίτη την περίοδο από 4/05/04μέχρι 05/04/05*

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

9.1 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών σύμφωνα με τον Burrough είναι ένα ισχυρό εργαλείο για τη συλλογή, αποθήκευση, διαχείριση, ανάκτηση, μετασχηματισμό και απεικόνιση χωρικών δεδομένων από τον πραγματικό κόσμο. Κύριος σκοπός της συλλογής και αποθήκευσης δεδομένων είναι η συσχέτιση γεγονότων και καταστάσεων για την παραγωγή νέας πληροφορίας και η δημιουργία μοντέλων.[55]

Ένα Γ.Σ.Π. δεν είναι ένα απλό μέσο με το οποίο παράγονται χάρτες ,διαγράμματα ή κατάλογοι ποιοτικών χαρακτηριστικών αλλά μια νέα ολοκληρωμένη τεχνολογία απαραίτητη για την ανάλυση και μελέτη του χώρου καθώς και λήψη αποφάσεων που αφορούν τη γη,το περιβάλλον και τον άνθρωπο.

Το Γ.Σ.Π είναι ένα λογισμικό υπολογιστών που συνδέει τις γεωγραφικές πληροφορίες με περιγραφικές πληροφορίες σε αντίθεση με έναν έντυπο χάρτη, όπου “ότι βλέπουμε είναι αυτό που παίρνουμε”.Το GIS μπορεί να παρουσιάσει πολλά στρώματα διαφορετικών πληροφοριών. [5]

Η χαρακτηριστική δυνατότητα που παρέχουν τα GIS είναι αυτή της σύνδεσης της χωρικής με την περιγραφική πληροφορία (η οποία δεν έχει από μόνη της χωρική υπόσταση). Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την λειτουργία αυτή βασίζεται: [56]

- είτε στο σχεσιακό μοντέλο δεδομένων (relational), όπου τα περιγραφικά δεδομένα ποικοποιούνται χωριστά και αργότερα συσχετίζονται με τα χωρικά δεδομένα μέσω κάποιων μοναδικών τιμών που είναι κοινές και στα δύο είδη δεδομένων.
- είτε στο αντικειμενοστραφές μοντέλο δεδομένων (object-oriented), όπου τόσο τα χωρικά όσο και τα περιγραφικά δεδομένα συγχωνεύονται σε αντικείμενα, τα οποία μπορεί να μοντελοποιούν κάποια αντικείμενα με φυσική υπόσταση (π.χ. κατηγορία = "δρόμος", όνομα = "Πανεπιστημίου", γεωμετρία = "[X1,Y1],[X2,Y2]...", πλάτος = "20μέτρα").

9.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα ΓΣΠ

Τα γεωγρφικά συστήματα πληροφοριών πλεονεκτούν σε αρκετά σημεία σε σχέση με τις παλιές μέθόδους απεικόνισης χαρτογραφικών δεδομένων και διαχείριση τους. Με τα ΓΣΠ όλα τα δεδομένα διατηρούνται σε ψηφιακή μορφή έτσι ώστε να καταλαμβάνουν ελάχιστο χώρο και να είναι πιο εύχρηστα σε οποιδήποτε. Οι γεωγραφικές βάσεις που δημιουργούνται μπορούν να ταξινομηθούν με οποιοδήποτε τρόπο θέλει ο χρήστης π.χ. κατά γεωλογικό σχηματισμό, κατά πληθυσμιακή κατανομή, κατά δημοτικό διαμέρισμα κτλ. Υπάρχει η δυνατότητα γρήγορου και επαναλαμβανόμενου έλεγχου ή έξεταση θεωρητικών μοντέλων χωρίς κανένα κόστος και χωρίς σπατάλη χρόνου. Ακόμα, η εξαγωγή δεδομένων για οποιοδήποτε στοιχείο της γεωγραφικής βάσης πραγματοποιείται σε μικρό χρονικό διάστημα, σε πολλές μορφές αλλά και σε οποιαδήποτε κλίμακα.

9.3 Χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών

Οι λειτουργίες ενός Γ.Σ.Π μπορούν να χρησιμοποιηθούν όπου υπάρχει ανάγκη για διαχείριση χωρικών δεδομένων ή ακόμα όπου υπάρχει ανάγκη για ανάλυση της χωρικής διάστασης των δεδομένων. Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας των υπολογιστών, καθιστά

εφικτές πολλές από τις εφαρμογές που εξαιτίας του όγκου και της πολυπλοκότητας της διαθέσιμης πληροφορίας μέχρι και πριν από λίγα χρόνια παρέμεναν εξωπραγματικές.[56]. Ενδεικτικά, μερικές από τις πλέον κοινές εφαρμογές των Γ.Σ.Π. είναι οι παρακάτω:

- Περιβαλλοντική Διαχείριση (Environmental Management)
- Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης
- Πολεοδομία και Χωροταξία
- Κατασκευές έργων μεγάλης κλίμακας (π.χ. οδοποιία κ.α.)
- Διαχείριση Δικτύων Κοινής Ωφελείας (AM/FM)
- Κτηματολόγιο και Κτηματογραφήσεις
- Τοπογραφία, Γεωδαισία και Υδρογραφία
- Γεωλογία και Υδρογεωλογία
- Δίκτυα Μεταφορών και Επικοινωνιών
- Αρχαιολογία

9.4 Δυνατότητες που πρέπει να παρέχει ένα ΓΣΠ:

- Την δυνατότητα ψηφιοποίησης δεδομένων: εισαγωγή σημείων, γραμμών πολυγώνων, χαρακτηριστικών ιδιοτήτων και στατιστικών,
- Την αποθήκευση δεδομένων: αποθήκευση πολλαπλών χαρακτηριστικών ανά πολύγωνο, συσχετισμό αριθμητικών και γραφικών δεδομένων.
- Την επεξεργασία δεδομένων: εντοπισμό σφαλμάτων, συνδυασμό και τακτοποίηση των δεδομένων μέσα στην αντίστοιχη βάση, συντήρηση και ενημέρωση με νέα δεδομένα, μετατροπή των χ,y συντεταγμένων της ψηφιοποίησης σε πραγματικές (ανάλογα με την προβολή) συντεταγμένες, ένωση δύο ή περισσότερων χαρτών, επιλογή τμήματος μιας περιοχής και καταχώρηση σε ξεχωριστό αρχείο.
- Την ανάλυση δεδομένων: δημιουργία νέων πολυγώνων (π.χ. buffer zones) γύρω από σημεία ή γραμμές, μέτρηση μηκών και εκτάσεων, δυνατότητα εφαρμογής μοντέλων, στατιστική επεξεργασία κλπ.
- Την εξαγωγή δεδομένων: στην οθόνη σε εκτυπωτές, σε αυτόματους σχεδιαστές, σε ψηφιακή μορφή, δυνατότητα έκθεσης διαγραμμάτων, πολυγώνων κλπ.

9.5 Παραδείγματα Εφαρμογής Γεωγρφικών Συστημάτων Πληροφοριών

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω τα ΓΣΠ έχουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Ας αναφέρουμε μερικά παραδείγματα.

- «Χρήση των ΓΣΠ για την επιλογή νέων χώρων υγειονομικής ταφής». Τα ΓΣΠ χρησημοποιήθηκαν για την εύρεση ενός μοντέλου ,όπου με βάση τα κριτήρια για ένα ασφαλές περιβάλλον και τους διεθνής κανονισμούς για την υγεία αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος, εξεύρισκε καινουργούς χώρους υγειονομικής ταφής. Επιπρόσθετα με τη δημιουργία buffer zones εύρισκε τις περιοχές όπου ήταν ήδη επιβαρημένες από τη χρήση τους ως χώροι υγειονομικής ταφής.
- «Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων και ΓΣΠ, στο βιότοπο Σχοινιά.» Στόχος ήταν η ενσωμάτωση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στον θεσμό της Εκτίμησης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων. Εν προκειμένω, επιχειρείται απόπειρα σύνταξης διαχειριστικής μελέτης (Διαχειριστική Μελέτη Βιοτόπου Σχινιά-Μαραθώνα) χρησιμοποιώντας πληροφορίες και δεδομένα από υφιστάμενες πρωτογενείς πηγές ενώ, ταυτόχρονα, εφαρμόζεται το εργαλείο των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών κατά την εκπόνηση της μελέτης και της παρουσίασης των αποτελεσμάτων της προκειμένου να προβληθεί η σκοπιμότητα ενσωμάτωσης της χωρικής πληροφορίας στην Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.
- Αντισεισμικό σχέδιασμός & Προστασία» . Με τη βοήθεια των ΓΣΠ παραουσιάστκε σε τρισδιάστατη μορφή η περιοχή μελέτης, διαπιστώθηκαν τα ευαίσθητα και επικίνδυνα σε σεισμό κτίσματα, αλλά και τα αντίστοιχα επικίνδυνα σημεία των οδών , που είναι κυρίως οι διασταυρώσεις. Ακόμη χαράκτηκαν υψομετρικές καμπύλες, για την αναλύση δίκτυων με διαδρομές μετάβασης πληθυσμού σε χώρους καταφυγής ή παροχής βοήθειας, αποφεύγοντας τα σημεία στις οδούς της πόλης, στα οποία είναι δυνατόν να δημιουργηθούν προβλήματα, από ενδεχόμενη κατάρρευση κτιρίων, μετά την εκδήλωση ενός σεισμικού φαινομένου.

9.6 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφορίων & Υδατικοί Πόροι

Λόγω της χωρικής και χρονικής φύσης των απαιτουμένων πληροφοριών αλλά και λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων τα ΓΣΠ έχουν συμβάλει αποφασιστικά στην διαχείριση των υδατικών πόρων. Πλήθος εφαρμογών έχουν μέχρι σήμερα αναφερθεί σε τομείς όπως υδρολογικά μοντέλα, πρόβλεψη και έλεγχο μόλυνσης, δίκτυα ύδρευσης, άρδευσης και αποχετευτικά.[58]

9.6.1 Υδρολογικά μοντέλα επιφανειακών υδάτων.

Η δημιουργία υδρολογικών μοντέλων επιφανειακών υδάτων περιλαμβάνει προσομοιώσεις που αναπαριστούν τις επιδράσεις των βροχοπτώσεων και της απορροής στη συγκέντρωση επιφανειακών υδάτων, όπως λίμνες, κανάλια και ποτάμια. Εφαρμοσμένα μοντέλα βροχοπτώσεων – απορροής απαιτούν ένα μεγάλο αριθμό παραμέτρων για την περιγραφή της μορφολογίας - γεωμορφολογίας, των κατηγοριών των εδαφών και της χρήσης γης. Βασικό στοιχείο στα υδρολογικά μοντέλα είναι η σωστή κατανόηση των πληροφοριών που περιγράφουν το σύστημα. Ως εκ τούτου η ακρίβεια εξαρτάται από τα δεδομένα εισαγωγής. Χάρη στις ικανότητές τους σε θέματα χειρισμού και επεξεργασίας των δεδομένων τα ΓΣΠ χρησιμοποιούνται με αυξανόμενους ρυθμούς στη διαχείριση δεδομένων για υδρολογικά μοντέλα. Τα ΓΣΠ μέσω σωστών διαστρωματώσεων και των δυνατοτήτων χωροχρονικών αναλύσεων παρέχουν τους συνδετικούς μηχανισμούς μεταξύ δεδομένων και υδρολογικών μοντέλων.

9.6.2 Παροχή ύδατος και σχεδιασμός αποχετευτικών δικτύων.

Ο σχεδιασμός, η ανάλυση, η λειτουργία και η συντήρηση δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης σε αστικές περιοχέςμπορεί να ωφεληθεί πολλαπλώς από την τεχνολογία των ΓΣΠ. Ένα μέρος της λήψης αποφάσεων μπορεί επίσης να αυτοματοποιηθεί με τη χρήση έμπειρων συστημάτων και συστημάτων λήψης απόφασης. Ένα τέτοιο σύστημα αυτοματοποιεί τη διαδικασία της επίλυσης συγγενικών προβλημάτων, και στοχεύει στην επιλογή των λύσεων με το μικρότερο κόστος. Με τη χρήση GIS ξεπερνιούνται οι περιορισμοί της γραφικής απεικόνισης πληροφοριών στα υδροδοτικά δίκτυα. Η ικανότητα της ακριβούς πρόβλεψης των υδρολογικών αναγκών και του συνδυασμού των σημερινών και μελλοντικών παροχών με τις αντίστοιχες απαιτήσεις παίζει σημαντικό ρόλο στην διαχείριση παροχής ύδατος. Παραδοσιακές μέθοδοι για την παρουσίαση των τοπικών υδρολογικών αναγκών αγνοούν απαιτήσεις που σχετίζονται με τους καταναλωτές όπως μέγεθος της οικογένειας, το μέγεθος της ιδιοκτησίας, πυκνότητα πληθυσμού ανά οικοδομικό τετράγωνο, δεδομένα που διαφέρουν από μια γεωγραφική περιοχή σε μία άλλη. Ακόμη μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί που χρησιμοποιώντας γραφικές τεχνικές των ΓΣΠ αντιμετωπίζουν έλλειψη συγκεκριμένων δεδομένων στην απογραφή υπόγειων δικτύων ύδρευσης.

9.6.3 Μόλυνση υδάτων από μη σημειακές πηγές.

Η μελέτη επιπτώσεων μόλυνσης μη σημειακών πηγών απαιτεί τη συνδυασμένη χρήση διαφορετικών χωροχρονικών πληροφοριών, ένα αντικείμενο για το οποίο τα ΓΣΠ είναι μια κατάλληλη επιλογή. Πρώτα πρέπει να αναγνωρισθούν οι κρίσιμες περιοχές που έχουν έντονο πρόβλημα μόλυνσης, μετά να ιεραρχηθούν και στη συνέχεια να καταστρωθούν προγράμματα προστασίας και βέλτιστων πρακτικών διαχείρισης. Οι περιγραφικές και οι χαρτογραφικές ιδιότητες που εισάγονται σε ΓΣΠ επιτρέπουν στον χρήστη να πραγματοποιήσει επικαλύψεις διαφορετικών στρωμάτων πληροφοριών, ανα αναλύσει και να καθορίσει ρυθμούς μόλυνσης, να προσδιορίσει κρίσιμες και επικίνδυνες περιοχές με ένα πολύ αποτελεσματικό και οικονομικό τρόπο.

9.6.4 Μελέτη υπόγειων υδάτων.

Η τεχνολογία των ΓΣΠ παρέχει ένα μηχανισμό για τη συλλογή, αποθήκευση, διαχείριση και παρουσίαση πληροφοριών που είναι απαραίτητα για τη μελέτη των υπόγειων υδάτων, όπως δεδομένα από ρέματα, πηγάδια - γεωτρήσεις, μετεωρολογικούς σταθμούς, πηγές και θέσεις απόθεσης απορριμμάτων. Συγκεκριμένα αναφέρονται ιδιότητες όπως χημικά χαρακτηριστικά επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, βροχοπτώσεις, υδραυλικές ιδιότητες, γεωφυσικά δεδομένα, υπόγεια στάθμη υδάτων, κ.ά. Η χρήση των ΓΣΠ στην προστασία των πηγών από τις οποίες προέρχεται το νερό ύδρευσης και των περιοχών γύρω από αυτές είναι πολύ σημαντική και έχει ως στόχο να προστατεύσει το δημόσιο νερό από μολυντές που προέρχονται από ανθρώπινες ενέργειες. Ο καθορισμός των ορίων των περιοχών που πρέπει να προστατευθούν (Wellhead Protection Areas, WHPAs) είναι το πρώτο βήμα ώστε να ακολουθήσει ένα αποτελεσματικό πρόγραμμα διαχείρισης. ΓΣΠ έχουν χρησιμοποιηθεί, με επιτυχία, μόνα τους στην επίλυση προβλημάτων υπόγειου ύδατος, αλλά και σε συνδυασμό με μοντέλα μελέτης υπόγειου ύδατος. Συγκεκριμένα έχουν χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό περιοχών όπου το επίπεδο του υπόγειου ύδατος ήταν αρκετά υψηλό ώστε να επηρεάζεται από δραστηριότητες που σχετίζονται με χρήσεις γης. Όπως για παράδειγμα στο νησί Ρόδος (USA) με τη βοήθεια του λογισμικού ARC/INFO και του μοντέλου WHPA δημιουργήθηκε μια περιβαλλοντική βάση δεδομένων που παρείχε ικανοποιητικές πληροφορίες για την επιφανειακή υδρογραφία, τις τοποθεσίες πηγών, τις ισοϋψείς, τα υπόγεια ύδατα, και την πιεζομετρική επιφάνεια (Baker και συν., 1993). Μια άλλη

εφαρμογή ΓΣΠ στον τομέα αυτό έδωσε τη δυνατότητα συσχέτισης μεταξύ της ευαισθησίας των υπόγειων υδάτων στη μόλυνση και στη χρήση νιτρικών λιπασμάτων. Το GIS διευκόλυνε τη διαδικασία λόγω της ικανότητάς του να αποθηκεύει και να επεξεργάζεται τα χωροχρονικά χαρακτηριστικά των δεδομένων στη βάση. Τα δεδομένα εισόδου για το μοντέλο περιείχαν ένα χάρτη στον οποίο παρουσιαζόταν ο βαθμός ευαισθησίας στη γεωργική μόλυνση, χάρτες ορίων των πολιτειών, χάρτες απεικόνισης των καλλιεργειών και τις συνιστώμενες ποσότητες αζωτούχων λιπασμάτων για εννέα καλλιέργειες.

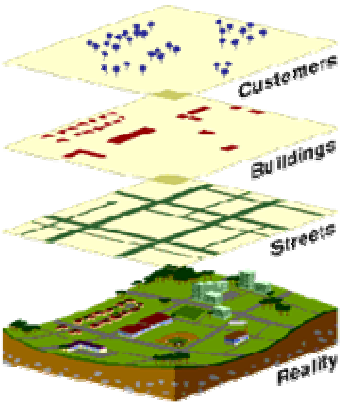
Τα διοικητικά όρια χρησιμοποιήθηκαν ως το βασικό στρώμα των δεδομένων για τη γραφική αναπαράσταση των δεδομένων της σοδειάς και των λιπασμάτων.

9.8 Ψηφιακή Χαρτογραφία

Η ψηφιακή χαρτογραφία είναι η παραγωγή χαρτών και χαρτογραφικών προϊόντων σε ψηφιακό περιβάλλον. Εννοιολογικά είναι υποσύνολο των Γ.Σ.Π., και ταυτίζεται με το στάδιο της οπτικοποίησης (visualization) αφού (στις περισσότερες περιπτώσεις): το παράγωγο προϊόν είναι κάποιος χάρτης, είτε στην γνωστή του μορφή δηλαδή εκτυπωμένος σε χαρτί (hardcopy) ή σε ψηφιακό αρχείο (softcopy) [62].

Όλες οι πληροφορίες (που βρίσκεται το σημείο, πόσο μακρύς ο δρόμος είναι, και ακόμη και πόσα πολλά τετραγωνικά μίλια μια λίμνη καταλαμβάνει) αποθηκεύονται ως στρώματα σε ψηφιακή μορφή ως σχέδιο και μηδενικά σε έναν υπολογιστή. Κάθε στρώμα αντιπροσωπεύει ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό γνώρισμα του χάρτη. Ένα θέμα θα μπορούσε να είναι όλοι οι δρόμοι σε μια περιοχή. Ένα άλλο θέμα θα μπορούσε να αντιπροσωπεύει όλες τις λίμνες στην ίδια περιοχή. Ακόμα θα μπορούσε να αντιπροσωπεύσει όλες τις πόλεις της ίδιας περιοχής.

Αυτά τα θέματα μπορούν να τοποθετηθούν το ένα πάνω από το άλλο, δημιουργώντας έναν σωρό πληροφοριών για την ίδια γεωγραφική περιοχή. Κάθε στρώμα μπορεί να κλιθεί και επάνω και κατω, σαν να ξεφλουδίζουμε ένα στρώμα από το σωρό. Μπορούμε να ελέγχουμε τις πληροφορίες που θέλουμε και να τις δούμε οποιαδήποτε στιγμή σε οποιαδήποτε σημείο του χάρτη για μια περιοχή.



Εικ.35 *Μετατροπή πραγματικότητας σε στρώματα ψηφιακής μορφής*

9.9 Ακρίβεια και ποιότητα στοιχείων

Η ποιότητα των πηγών στοιχείων για την επεξεργασία GIS γίνεται πάντα με ανησυχία μεταξύ των ειδικών εφαρμογής GIS. Με την εισροή του λογισμικού GIS στην εμπορική αγορά και την επιταχύνοντας εφαρμογή της τεχνολογίας GIS στους ρόλους επίλυσης προβλήματος και

λήψης απόφασης, η ποιότητα και η αξιοπιστία των προϊόντων GIS έρχονται κάτω από την πιο στενή διερεύνηση. Ανησυχία έχει προκληθεί ως προς το σχετικό λάθος που μπορεί να είναι έμφυτο στις μεθοδολογίες επεξεργασίας GIS. Ενώ η έρευνα βρίσκεται σε εξέλιξη, και κανένα πεπερασμένο πρότυπο δεν έχει υιοθετηθεί ακόμα στην εμπορική αγορά GIS, διάφορες πρακτικές συστάσεις έχουν προσδιοριστεί που βοηθούν να εντοπίσουν τις πιθανές πηγές λάθους, και να καθορίσουν την ποιότητα των στοιχείων. Η ακόλουθη αναθεώρηση της ποιότητας στοιχείων εστιάζει σε τρία ευδιάκριτα συστατικά, την ακρίβεια στοιχείων, την ποιότητα, και το λάθος. [63]

Ακρίβεια

Το θεμελιώδες ζήτημα όσον αφορά τα στοιχεία είναι η ακρίβεια. Βασικά δύο τύποι ακριβειών υπάρχουν. Αυτές είναι η *θεσιακή* και η *ακρίβεια ιδιοτήτων*. Η θεσιακή ακρίβεια είναι η αναμενόμενη παρέκκλιση στη γεωγραφική θέση ενός αντικειμένου από την αληθινή επίγεια θέση της. Υπάρχουν δύο συστατικά στη θεσιακή ακρίβεια. Αυτά είναι σχετική και απόλυτη ακρίβεια. Η απόλυτη ακρίβεια αφορά την ακρίβεια των στοιχείων όσον αφορά ένα ισότιμο σχέδιο, π.χ. UTM. Η σχετική ακρίβεια αφορά τον προσδιορισμό θέσης των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων χαρτών σχετικά με ένα άλλο. Η ακρίβεια ιδιοτήτων είναι εξίσου τόσο σημαντική όσο και η θεσιακή ακρίβεια. Απεικονίζει τις εκτιμήσεις της αλήθειας. Η ερμηνεία και η απεικόνιση των ορίων και των χαρακτηριστικών για τις δασικές στάσεις ή τα εδαφολογικά πολύγωνα μπορούν να είναι υπερβολικά δύσκολες και μη αντικειμενικές.

Ποιότητα

Η ποιότητα [63] μπορεί απλά να οριστεί ως η ικανότητα για τη χρήση ενός συγκεκριμένου συνόλου στοιχείων. Τα στοιχεία που είναι κατάλληλα για τη χρήση σε μια εφαρμογή μπορούν να μην είναι κατάλληλα για τη χρήση με άλλη. Εξαρτάται πλήρως από την κλίμακα, την ακρίβεια, και την έκταση του συνόλου των στοιχείων. Τα πρόσφατα πρότυπα μεταφοράς ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΩΝ χωρικά στοιχείων (SDTS) προσδιορίζουν πέντε συστατικά στους ποιοτικούς ορισμούς στοιχείων. Αυτοί είναι:

- **Καταγωγή** η καταγωγή των στοιχείων ενδιαφέρεται για τις ιστορικές και πτυχές σύνταξης των στοιχείων όπως:

πηγή των στοιχείων

περιεχόμενο των στοιχείων

προδιαγραφές συλλογής δεδομένων

γεωγραφική κάλυψη των στοιχείων

μέθοδος σύνταξης των στοιχείων, π.χ. ψηφιοποιώντας εναντίον ανιχνευμένος

μέθοδοι ransformation που εφαρμόζονται στα στοιχεία και

η χρήση σχετικοί αλγόριθμοι κατά τη διάρκεια της σύνταξης, π.χ. γραμμική απλοποίηση, γενίκευση χαρακτηριστικών γνωρισμάτων.

- **Θεσιακή ακρίβεια** Ο προσδιορισμός της θεσιακής ακρίβειας είναι σημαντικός. Αυτό περιλαμβάνει την εκτίμηση του έμφυτου λάθους (λάθος πηγής) και του λειτουργικού λάθους (εισαχθέν λάθος). Μια πιό λεπτομερής αναθεώρηση παρέχεται στο επόμενο τμήμα

- **Ακρίβεια ιδιοτήτων** Η εκτίμηση της ακρίβειας των ιδιοτήτων βοηθά επίσης να καθορίσει την ποιότητα των στοιχείων. Αυτό το ποιοτικό τμήμα αφορά τον προσδιορισμό της αξιοπιστίας, ή του επιπέδου της καθαρότητας (ομοιογένεια), σε ένα σύνολο στοιχείων.
- **Πληρότητα** Το τελικό ποιοτικό τμήμα περιλαμβάνει μια δήλωση για την πληρότητα του συνόλου στοιχείων. Αυτό περιλαμβάνει την εκτίμηση των τρυπών στα στοιχεία, τις αταξινόμητες περιοχές, και οποιεσδήποτε διαδικασίες σύνταξης που μπορεί να είχαν αναγκάσει τα στοιχεία για να αποβληθούν.

9.10 Τύποι Αρχείων και Μοντέλα

Τα δεδομένα που εισάγονται -μέσω της διαδικασίας της ψηφιοποίησης και αφού υποστούν τις απαραίτητες διορθώσεις- χρησιμοποιούνται στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, ανάλογα με την φύση και το περιεχόμενο τους και διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες:[64]

1. ***Χωρικά στοιχεία*** (από τι αποτελούνται οι χάρτες)

Τα χωρικά δεδομένα. τα οποία χαρακτηρίζονται αποκλειστικά από τη θέση τους στο χώρο σε σχέση με κάποιο σύστημα συντεταγμένων, διακρίνονται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες:

- Σημειακά δεδομένα, όπως εμφανίσεις κοιτασμάτων και θέσεις γεωτρήσεων.
- Γραμμικά δεδομένα, όπως ρήγματα και κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου.
- Επιφανειακά δεδομένα τα οποία καταλαμβάνουν μια κλειστή έκταση.
- Δεδομένα ανάγλυφου ή τρισδιάστατα, τα οποία καταλαμβάνουν όχι μόνο μια συγκεκριμένη επιφάνεια, αλλά εκτείνονται και στο χώρο.

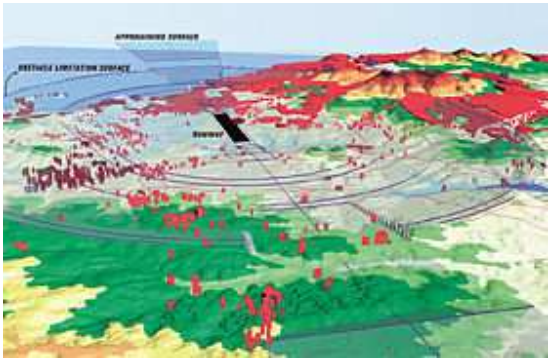
Τα χωρικά στοιχεία περιέχουν σημεία,γραμμές ή πολύγονα.

- Τα σημεία αντιπροσωπεύουν οτιδήποτε μπορεί να περιγραφεί με συντεταγμένες x και y στην επιφάνεια της Γης π.χ. πολίτες,καταστήματα υψόμετρα,τράπεζες κτλ.
- Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν οτιδήποτε έχει σχέση με μήκος όπως δρόμους, ποτάμια, ακτογραμμές,
- Τα πολύγονα περιγράφουν οτιδήποτε έχει σύνορα είτε φυσικά είτε πολιτικά είτε διοικητικά. Παραδείγματα των παραπάνω είναι οι πόλεις, λίμνες, γεωλογικοί σχηματισμοί,ταχυδρομικές ζώνες,κράτη κτλ.

2. ***Μη χωρικά - Περιγραφικά***

Ο χάρτης στα αριστερά, παρουσιάζει δρομολόγια και στάσεις, χρησιμοποιώντας τα διανυσματικά στοιχεία.

Το διανυσματικό μοντέλο αντιπροσωπεύει κάθε χαρακτηριστικό γνώρισμα ως σειρά σε έναν πίνακα, και οι μορφές των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων καθορίζονται από x,y θέσεις στο διάστημα (το GIS συνδέει τα σημεία για να σύρει τις γραμμές που περιγράφει.) Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα μπορούν να είναι θέσεις ή γεγονότα, γραμμές, ή περιοχές. Οι θέσεις, όπως η διεύθυνση ενός πελάτη, ή το σημείο που ένα έγκλημα πραγματοποιήθηκε, αντιπροσωπεύονται ως σημεία που έχουν ένα ζευγάρι γεωγραφικών συντεταγμένων. Οι γραμμές, όπως τα ρεύματα ή οι δρόμοι, αντιπροσωπεύονται ως σειρά
ισότιμων ζευγαριών. Όταν αναλύουμε τα διανυσματικά στοιχεία, ένα μεγάλο μέρος της ανάλυσής μας περιλαμβάνει το να δουλεύουμε με τον πίνακα στοιχείων του στρώματος.



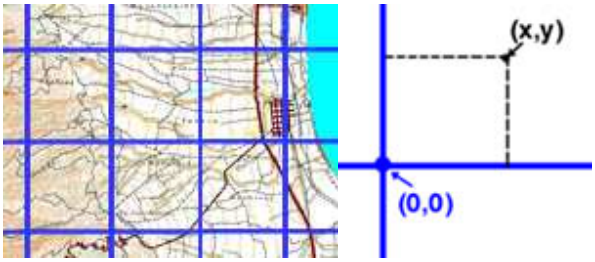
Αυτός ο χάρτης παρουσιάζει τη θέση αντικειμένων όπως τα κτίρια, οι κεραίες, οι πύργοι, καθώς επίσης και τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα τοπίων που μπορούν να θέσουν σε κινδύνο αεροσκάφη που τυχόν απογειώνονται ή προσγειώνονται στα αεροδρόμια της περιοχής.

(Τμήμα χαρτογραφίας χαρτογράφησης, Αγκυρα, Τουρκία.)

9.11 Χάρτης και Επίπεδο

Χάρτης είναι η απεικόνιση της καμπύλης επιφάνειας της Γης σε ένα επίπεδο. Η απεικόνιση αυτή είναι πάντα υπό κλίμακα. Η επιφάνεια της γης, όπως γνωρίζουμε, δεν είναι επίπεδη, αλλά θεωρείται είτε ως σφαίρα είτε ως ελλειψοειδές. Για τη δημιουργία λοιπόν ενός χάρτη, απαιτείται η ανάπτυξη της επιφάνειας της γης σε επίπεδο. Αυτό ονομάζεται χαρτογραφική απεικόνιση και πρόκειται για έναν μετασχηματισμό των συντεταγμένων, έτσι ώστε να αποδοθούν σε επίπεδο. Ο σκοπός της κατασκευής των χαρτών είναι η απεικόνιση του φυσικού υλικού χώρου. [61]

Ένας χάρτης στην γνωστή και συμβατική του μορφή είναι επίπεδος (δισδιάστατη επιφάνεια). Ένα σημείο πάνω στο επίπεδο μπορεί να χαρακτηρισθεί μοναδικά από τις καρτεσιανές συντεταγμένες του, δηλ. την απόσταση του από την τομή των αξόνων X,Y (ή σε ορισμένες περιπτώσεις E,N από τις αγγλικές λέξεις East,North). Συνήθως, σαν άξονας τετμημενών (Y) θεωρείται η διεύθυνση του Βορρά (η οποία ταυτίζεται με την διεύθυνση του μεσημβρινού). Οι καρτεσιανές συντεταγμένες συνήθως μετριούνται σε μέτρα.



Εικ.36 *Ο χαρτογραφικός κάνναβος και οι καρτεσιανές συντεταγμένες x,y ενός σημείου στο χάρτη.*

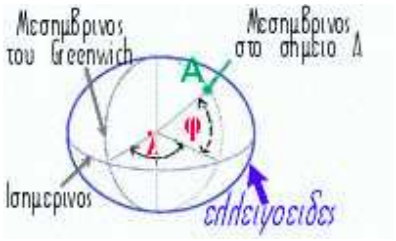
Ανάλογα με το είδος των στοιχείων που απεικονίζουν οι χάρτες χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Τοπογραφικός
- Γεωλογικός
- Εδαφολογικός
- Υδρογραφικός
- Μετεωρολογικός
- Ναυτιλιακός
- Αεροναυτικός κ.λ.π.

Υπάρχει, επίσης, και η κατηγορία των θεματικών χαρτών οι οποίοι παρουσιάζουν τη θέση, την έκταση ή και την φύση διαφόρων φυσικών, οικονομικών ή κοινωνικών φαινομένων. Για να είναι ένας χάρτης ή μια εικόνα αναγνωρίσιμα από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή, θα πρέπει να μετατραπούν από τη φυσική (αναλογική) τους μορφή σε ψηφιακή. Η μετατροπή των αναλογικών δεδομένων σε ψηφιακά ονομάζεται ψηφιοποίηση.

9.12 Προβολικά Συστήματα στην Ελλάδα

Τα προβολικά συστήματα στην Ελλάδα είναι 4. Αυτό που χρησιμοποιείται ευρέως είναι το ΕΓΣΑ 87'. Οι χάρτες ΓΥΣ έχουν συστήματα συντεταγμένων κυρίως ΗΑΤΤ ή ΕΜΠ 3 ή ΕΓΣΑ 87'. Πολλοί διαφορετικοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν την επιλογή της χαρτογραφικής προβολής.



Εικ.37 *Οι γεωγραφικές συντεταγμένες ενός σημείου στο ελλειψοειδές*

Προβολικό σύστημα ή και απλά προβολή ονομάζεται ένα σύστημα που επιτρέπει την απεικόνιση του ελλειψοειδούς σε ένα επίπεδο. Το σύστημα αυτό ορίζεται από μια σειρά συναρτήσεων, που μεταξύ άλλων πληροφοριών, παρέχουν και το βαθμό παραμόρφωσης των σχημάτων όταν απεικονίζονται στο ελλειψοειδές. Έτσι, κάθε σημείο του ελλειψοειδούς αντιστοιχεί σε ένα σημείο του επιπέδου και αντίστροφα (αμφιμονοσήμαντη αντιστοιχία). Η μαθηματική σχέση που συνδέει τα σημεία στο ελλειψοειδές με τα σημεία στο επίπεδο του χάρτη, χρησιμοποιείται για την μετατροπή από γεωγραφικές σε καρτεσιανές συντεταγμένες και αντίστροφα. [56]

Για να ορισθεί και να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά ένα προβολικό σύστημα χρειάζονται μαθηματικές σχέσεις που να συνδέουν αμφιμονοσήμαντα τις θέσεις σημείων στο ελλειψοειδές με αυτές που τους αντιστοιχούν στο επίπεδο.

Μαθηματικές σχέσεις που να παρέχουν τον βαθμό παραμόρφωσης των μεγεθών επί του ελλειψοειδούς. Μια προβολή μπορεί να παραμορφώνει όλες ή μερικές από τις ιδιότητες ενός σχήματος του ελλειψοειδούς (διαστάσεις, μορφή και εμβαδά). Το σίγουρο είναι ότι τουλάχιστον ένα από τα παραπάνω μεγέθη θα παραμορφωθεί κατά την εφαρμογή της προβολής. Οι προβολές που διατηρούν κάποια από τα παραπάνω μεγέθη (δηλ. δεν τα παραμορφώνουν) έχουν και ιδαίτερο όνομα ανάλογα με το ποιά χαρακτηριστικά διατηρούν. Πιο συγκεκριμένα:

Μια ισαπέχουσα προβολή διατηρεί ανέπαφες τις διαστάσεις, και πιο συγκεκριμένα τις αποστάσεις από κάποια σημεία. Μια σύμμορφη προβολή διατηρεί την μορφή (δηλ. τις γωνίες) των σχημάτων.
Μια ισοδύναμη προβολή διατηρεί το εμβαδό των σχημάτων. Μια προβολή χρησιμοποιεί μια γεωμετρική επιφάνεια, η οποία οφείλει να είναι αναπτυκτή. Αναλόγως του είδους της επιφάνειας που χρησιμοποιείται, μια προβολή μπορεί να χαρακτηρισθεί ως:

- Κυλινδρική, όταν η επιφάνεια προβολής είναι ένας κύλινδρος
- Αζιμουθιακή ή επίπεδη, όταν η επιφάνεια προβολής είναι ένα επίπεδο
- Κωνική, όταν η επιφάνεια προβολής είναι ένας κώνος.

Προβολικό σύστημα HATT	
Όνομα προβολικού συστήματος:	*Ισαπέχουσα Αζιμουθιακή προβολή του HATT*
Γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς (Datum):	Ελληνικό, με αφετηρία το Αστεροσκοπείο Αθηνών (λο=23°42' 58".815)
Ελλειψοειδές αναφοράς:	Bessel
Μεγάλος ημιάξονας ελλειψοειδούς a:	6377397.155m
Επιπλάτυνση ελλειψοειδούς (1/f):	1/299.1528128
Διαστάσεις φύλλων χάρτη:	30° x 30°
Αριθμός φύλλων χάρτη:	189

Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί ένα επίπεδο αναφοράς, το οποίο εφάπτεται σε ένα σημείο του ελλειψοειδούς το οποίο ονομάζεται *κέντρο φύλλου χάρτου* (Κ.Φ.Χ.). Έτσι ορίζονται 130 σφαιροειδή τραπέζια μεγέθους 30' x 30' για την κάλυψη του Ελλαδικού χώρου. Κάθε τραπέζιο έχει το δικό του σύστημα συντεταγμένων, με την αρχή των αξόνων το Κ.Φ.Χ.
Η προβολή αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι οι παραμορφώσεις των γωνιών, των αζιμουθίων καθώς και των εμβαδών διατηρούνται μικρές (αμελητέες) μέσα στο ίδιο Φ.Χ. και αυξάνονται ανάλογα με την αποστάση από το Κ.Φ.Χ., ενώ οι αποστάσεις που αναφέρονται στο κέντρο και προς οποιοδήποτε σημείο του ίδιου Φ.Χ. *δεν παραμορφώνονται* (για αυτό και η προβολή ονομάζεται ισαπέχουσα). Για τυχαίες αποστάσεις και στα άκρα ενός φύλλου HATT (όπου η απόσταση από το κέντρο του είναι περίπου 34χλμ) η παραμόρφωση των αποστάσεων είναι της τάξης του 1,000005, με άλλα λόγια δεν απαιτείται ο υπολογισμός της παραμόρφωσης για αποστάσεις που δεν ξεπερνούν το 1 χλμ. Με την επιλογή πολλαπλών κέντρων αποφεύγονται οι αναγωγές και οι διορθώσεις των γεωμετρικών μεγεθών. Αρκετά συχνά απαιτούνται περισσότερα του ενός Φ.Χ. για την κάλυψη μιας γεωγραφικής περιοχής όπου απαιτείται η μετατροπή των συντεταγμένων σε ένα εννιαίο Φ.Χ. (*αλλαγή κέντρου φύλλου χάρτου).* Στην περίπτωση αυτή οι παραμορφώσεις των γεωμετρικών μεγεθών αυξάνονται οπότε και απαιτείται η αναγωγή τους στα πραγματικά πάνω στο ελλειψοειδές.

Τα 130 Φύλλα Χάρτη της διανομής ΗΑΤΤ. Σε κάθε φύλλο ορίζεται διαφορετικό σύστημα καρτεσιανών συντεταγμένων. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται κυρίως στην διανομή των χαρτών της Γ.Υ.Σ. 1: 100.000 , 1: 50.000 και 1:5.000 οι οποίοι καλύπτουν συστηματικά όλη την επιφάνεια της χώρας. Γενικά τείνει να καταργηθεί σαν σύστημα αναφοράς γεωδαιτικών και τοπογραφικών μετρήσεων (για τους προαναφερθέντες λόγους) και να αντικατασταθεί από το ΕΓΣΑ'87.

Προβολικό σύστημα 3 μοιρών (ΕΜΠ3^o ή ΤΜ3^o)	
Όνομα προβολικού συστήματος:	***Ε****γκάρσια* ***Μ****ερκατορική* ***Π****ροβολή 3 μοιρών (****T****ranvserse* ***M****ercator 3°)*
Γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς (Datum):	Ελληνικό, με αφετηρία το Αστεροσκοπείο Αθηνών (λο=23°42' 58".815)
Ελλειψοειδές αναφοράς:	Bessel
Μεγάλος ημιάξονας ελλειψοειδούς a:	6377397.155m
Επιπλάτυνση ελλειψοειδούς (1/f):	1/299.1528128
Συντελεστής κλίμακας Κο	0.9999
Διαστάσεις ζωνών:	3^0 μήκος
Αριθμός ζωνών κάλυψης του Ελλαδικού χώρου:	3

Το σύστημα αυτό χρησιμοποιούσε το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Ο γεωγραφικός χώρος που καταλαμβάνει η Ελλάδα έχει χωριστεί σε ζώνες μήκους 3°, τα άκρα των οποίων διαφέρουν κατά 1° 30' από τον κεντρικό μεσημβρινό (Αστεροσκοπείο Αθηνών). Για τον κ.μ. θεωρείται λο=0°, ενώ για τους δύο εκατέρωθεν θεωρείται λο=-3° και λο=+3°. Για να αποφευχθούν αρνητικές τιμές ο κ.μ. έχει τετμημένη 200000μ. Η αρχή των συντεταγμένων θεωρείται η τομή του κ.μ. με τον παράλληλο φ=34°. Οι ζώνες που προκύπτουν είναι συνολικά 3 για όλη την Ελλάδα. Η προβολή αυτή χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές του Bessel.

Προβολικό σύστημα Ε.Μ.Π. (U.T.M.)	
Όνομα προβολικού συστήματος:	*Παγκόσμια **Ε**γκάρσια **Μ**ερκατορική **Π**ροβολή - **U**niversal **T**ransverse **M**ercator)*
Γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς (Datum):	E.D.50 , με αφετηρία το Potsdam
Ελλειψοειδές αναφοράς:	Hayford
Μεγάλος ημιάξονας ελλειψοειδούς a:	6378388.155m
Επιπλάτυνση ελλειψοειδούς (1/f):	1/297
Συντελεστής κλίμακας Κο	0.9996
Διαστάσεις ζωνών:	6^0 σε γεωγραφικό μήκος
Αριθμός ζωνών κάλυψης του Ελλαδικού χώρου:	2 (4η και 5η ζώνη, με κ.μ. λ=21° και λ=27 ^{o} αντίστοιχα)

Η γή έχει χωρίζεται σε 60 ζώνες, γεωγραφικού μήκους 6°. Η μέγιστη διαφορά μέσα στην ίδια ζώνη δεν υπερβαίνει τις 3°. Η πρώτη ζώνη ξεκινά από τον μεσημβρινό του Greenwich. Η Ελλάδα καταλαμβάνει τις ζώνες 4 και 5 αφού τα γεωγραφικά μήκη των άκρων της Ελλάδας είναι λ= 19 ^{o} έως λ =28 ^{o} (περίπου). Το σύστημα χρησιμοποιεί συντελεστή κλίμακας 0.9996 οπότε οι παραμορφώσεις μέσα σε κάθε ζώνη δεν υπερβαίνουν το 1:2500. Για να αποφευχθούν αρνητικές συντεταγμένες η τιμή των τετμημένων των κεντρικών μεσημβρινών είναι 500 000μ. Η αρχή των τεταγμένων είναι η τομή του κεντρικού μεσημβρινού με τον ισημερινό. Το σύστημα χρησιμοποιεί το Διεθνές ελλειψοειδές του Hayford. Η προβολή είναι σύμμορφη, και σχηματικά αντιστοιχεί στην απεικόνιση του ελλειψοειδούς με την βοήθεια ενός κυλίνδρου (ελλειπτικής διατομής) που εφάπτεται στον μεσημβρινό της ζώνης.Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται παγκοσμίως και έχει υιοθετηθεί κυρίως από τις στρατιωτικές υπηρεσίες των χωρών.

Προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ'87	
Όνομα προβολικού συστήματος:	***Ε**λληνικό **Γ**εωδαιτικό **Σ**ύστημα **Α**ναφοράς 87*
Γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς (Datum):	Ε.Γ.Σ.Α. 87 με αφετηρία το μετατεθημένο γεώκεντρο, βάθρο Διονύσου
Ελλειψοειδές αναφοράς:	GRS'80
Μεγάλος ημιάξονας ελλειψοειδούς a:	6378137.000m
Επιπλάτυνση ελλειψοειδούς (1/f):	1/298.25722101
Συντελεστής κλίμακας Κο	0.9996

Είναι το πλέον πρόσφατο προβολικό σύστημα που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα, και είναι προϊόν συνεργασίας του Εργαστηρίου Ανώτερης Γεωδαισίας του Τμήματος Αγρονόμων-Τοπογράφων Μηχανικών - Ε.Μ.Π., της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού και του ΟΚΧΕ. Θεωρείται μια ενιαία ζώνη για όλη την χώρα με κεντρικό μεσημβρινό λο=24^0 και χρησιμοποιείται ενιαίος συντελεστής κλίμακας 0.9996. Οι παραμορφώσεις με αυτόν τον τρόπο μπορούν να φτάσουν μέχρι και 1:1.000 στα άκρα της χώρας (δηλ. 1 μέτρο σε απόσταση 1χλμ.). Για να αποφευχθούν αρνητικές τιμές ο κεντρικός μεσημβρινός έχει ως τετμημένη 500000μ.

Αρχή των τεταγμένων θεωρείται ο ισημερινός ($\varphi=0^o$). Το σύστημα χρησιμοποιείται για την σύνταξη του Εθνικού Κτηματολογίου καθώς έχει υιοθετηθεί από τον ΟΚΧΕ Γενικά, τείνει να γίνει το επίσημο προβολικό σύστημα για την Ελλάδα καθώς προσφέρει ενιαία αναφορά για το σύνολο της χώρας. Έχει ήδη υιοθετηθεί από τις περισσότερες δημόσιες υπηρεσίες και οργανισμούς καθώς και ιδιωτικές εταιρείες.

9.13 Παγκόσμιο Δορυφορικό Σύστημα Εντοπισμού (Gps)

Για να απεικονιστούν τα σημεία δειγματοληψίας σε χάρτη έπρεπε να γνωρίζουμε το ακριβές ζευγάρι συντεταγμένων των σημείων. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιήσαμε το όργανο που ονομάζεται GPS.(Global Positioning System).

Η ιστορία ανάπτυξης του δορυφορικού παγκόσμιου γεωδαιτικού συστήματος ξεκινά τη δεκαετία του 1960 όταν η ΝΑΣΑ και ο αμερικανικός στρατός άρχισαν να αναπτύσσουν συστήματα στο διάστημα για την επίτευξη του γεωδαιτικού εντοπισμού. Το 1973, μετά από μια ιστορία συστημάτων, δημιουργήθηκε το NAVigation System with Timing And Ranging Global Positioning System (NAVSTAR GPS), το γνωστό GPS.

Ορισμός: Με τον όρο δορυφορικό σύστημα εντοπισμού θέσης εννοείται ένα σύστημα προσδιορισμού των απόλυτων και σχετικών συντεταγμένων σημείων (επί της Γης, στην ξηρά, στη θάλασσα ή επάνω από τη Γη) με την επεξεργασία μετρήσεων προς και / ή από τεχνητούς δορυφόρους.[65]

9.13.1 Το σύστημα GPS

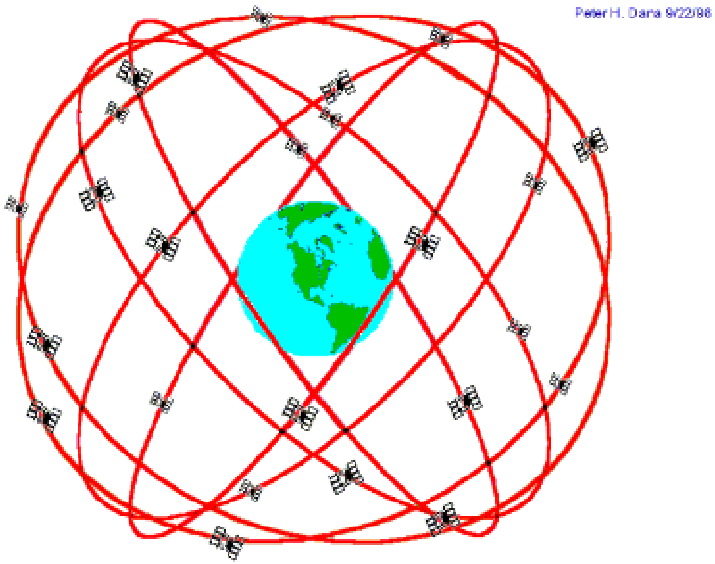
Το σύστημα GPS σε πλήρη ανάπτυξη αποτελείται από 24 δορυφόρους (3 αναπληρωματικοί) που είναι κανονικά κατανεμημένοι στο χώρο σε 6 τροχιακά επίπεδα, σε σχεδόν κυκλική τροχιά και υψόμετρο περίπου 20200 χλμ πάνω από την επιφάνεια της γης, με περίοδο 12 ώρες και κλίση 550 από τον ισημερινό. Σε κάθε περίπτωση ο σχηματισμός αυτός δίνει τη δυνατότητα να υπάρχουν τουλάχιστον 4 και έως 10 δορυφόροι σε κάθε γεωμετρική θέση 24 ώρες το εικοσιτετράωρο. Οι δορυφόροι αυτοί περιλαμβάνουν πομπούς, ατομικά ρολόγια, υπολογιστές και διάφορους άλλους βοηθητικούς εξοπλισμούς. Ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός κάθε δορυφόρου παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να μετρήσει την ψευδοαπόσταση R από αυτόν. Κάθε δορυφόρος μεταδίδει ένα μήνυμα, που βοηθά στον καθορισμό της θέσης του σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Κάθε δορυφόρος έχει επίσης δύο ηλιακούς συσσωρευτές επιφάνειας περίπου $7m^2$ για την παροχή ενέργειας. [65]

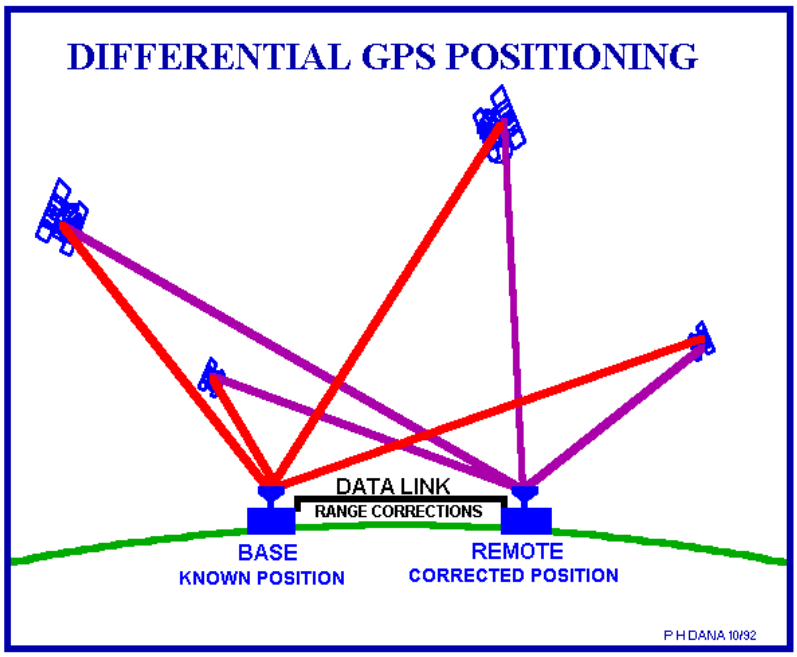
9.13.2 Τεχνική καταγραφής

Οι μετρήσεις με ένα δέκτη GPS παρέχουν ακρίβεια της τάξης των 100μ. Μερικές όμως εφαρμογές απαιτούν υψηλή ακρίβεια, ακόμα και κάτω από το ένα εκατοστό. Έτσι όταν γίνονται αναφορές σε μετρήσεις υψηλής ακρίβειας, πρόκειται για μετρήσεις ανάμεσα σε δύο (ή και περισσότερους) δέκτες GPS. Ο τρόπος αυτός των μετρήσεων ονομάζεται Διαφορικός Προσδιορισμός – Εντοπισμός (Εικ. 39). Κατά την εφαρμογή του τρόπου αυτού, ο ένας δέκτης καταγράφει συνεχώς σε σημείο με γνωστές συντεταγμένες, ενώ ένας άλλος καταγράφει στο εκάστοτε σημείο ενδιαφέροντός μας. Συνυπολογίζοντας τις ψευδοαποστάσεις που καταγράφονται από τους δύο δέκτες, μπορούν να γίνουν διορθώσεις, γεγονός που προσφέρει τον προσδιορισμό με μεγάλη ακρίβεια.

Η τεχνική κατά την οποία και οι δύο δέκτες παραμένουν σταθεροί σε ένα σημείο, για ένα χρονικό διάστημα, ονομάζεται στατικός προσδιορισμός και απαιτεί πολύωρη καταγραφή. Μια δεύτερη τεχνική, κατά την οποία ο ένας δέκτης παραμένει σταθερός και καταγράφει, ενώ ο άλλος μετακινείται, ονομάζεται κινηματικός προσδιορισμός. Και οι δύο τεχνικές

πραγματοποιούνται με διάφορες παραλλαγές ανάλογα τις ανάγκες και τις συνθήκες. Όλες οι τεχνικές καταγραφής απαιτούν επεξεργασία και διορθώσεις μετά από την εργασία στο πεδίο.





Εικ. 39 *Σύστημα GPS: Διαφορικός Εντοπισμός*

Κατά την εκπνόηση της παρούσας εργασίας τα σημεία δειγματοληψίας αποτυπώθηκαν με τη βοήθεια GPS μοντελο της εταιρίας GARMIN

9.14 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

9.14.1 Τοπογραφικοί χάρτες

Από 24 τοπογραφικούς χάρτες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού, κλίμακας 1:5000, ψηφιοποιήθηκαν ισοϋψείς γραμμές ανά 20 μέτρα, τριγωνομετρικά σημεία, υψομετρικά σημεία, οδικό και υδρογραφικό δίκτυο και οικισμοί (χωριά) . Για τις ανάγκες της ψηφιοποίησης χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα ArcMap 8,3 και 9,1 .

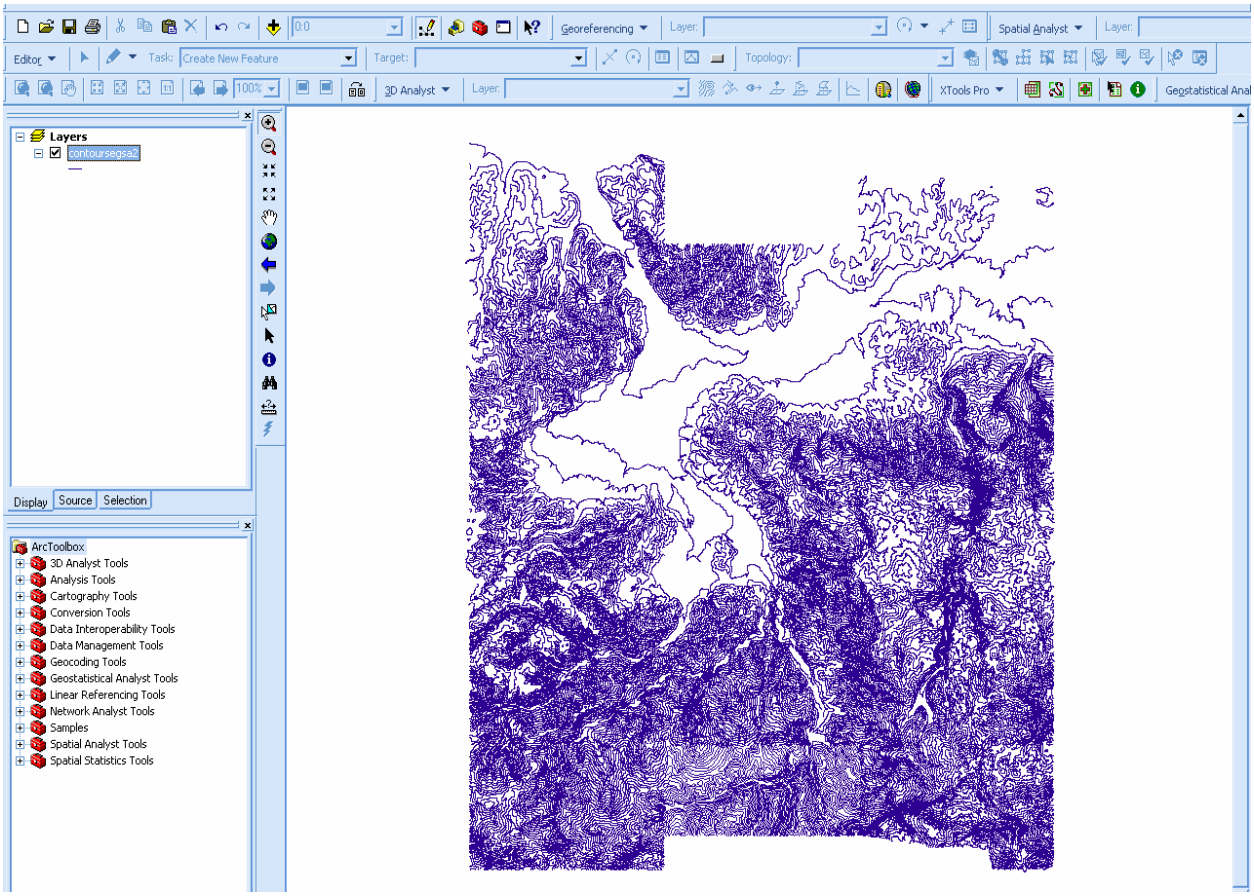
8496_6	8497_5	8497_6
8496_8	8497_7	8497_8
9406_2	9407_1	9407_2
9406_4	9407_3	9407_4
9406_6	9407_5	9407_6
9406_8	9407_7	9407_8
9416_2	9417_1	9417_2
9416_4	9417_3	9417_4

Οι χάρτες που χρησιμοποιήθηκαν προμηθεύτηκαν από τη Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού και από την Υπηρεσία Εγγείων Βελτιώσεων (Χανιά).

Μετατροπή Συντεταγμένων

Το σύστημα συντεταγμένων που χρησιμοποιήθηκε είναι το ΕΓΣΑ 87′ (Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987), . Οι χάρτες του ΓΥΣ είχαν σύστημα συντεταγμένων HATT και το προβολικό σύστημα των 3^{ων} Μοιρών ΕΜΠ3′ . Η μετατροπή των συντεταγμένων πραγματοποιήθηκε με το υπολογιστικό πρόγραμμα COORD GR (Συγγρός Γιάννης)

Αφού ολοκληρώθηκε η μετατροπή συντεταγμένων ξεκίνησε η ψηφιοποίηση των χαρτών ένα ένα. Όταν ολοκληρώθηκε η διαδικασία της ψηφιοποίησης έγινε η ένωση των χαρτών. Δηλαδή οι 24 ψηφιοποιημένοι χάρτες τοποθετήθηκαν σε ένα καινούργιο project στο ArcMap. Ανάλογα το υψόμετρο των ισοϋψών έγινε η ένωση των χαρτών. Το αποτέλεσμα απεικονίζεται στην Εικ. 40



Εικ.40 *Αποτέλεσμα ψηφιοποίησης τοπογραφικών χαρτών*

9.14.2 Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM)

Οι τοπογραφικοί χάρτες ψηφιοποιήθηκαν με σκοπό τη δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Με τον όρο Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (Digital Terrain Model, DTM) αναφερόμαστε στην «ψηφιακή περιγραφή της επιφάνειας, η οποία βασίζεται σε μετρήσεις σημείων της και συνοδεύεται από ένα σύνολο κανόνων, που επιτρέπουν να εξαχθεί επιπλέον πληροφορία» Ειδικότερα, μιλάμε για Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (Digital Elevation Model, DEM) στην περίπτωση που στα συνθετικά στοιχεία περιλαμβάνεται και η πληροφορία του υψομέτρου.[66]

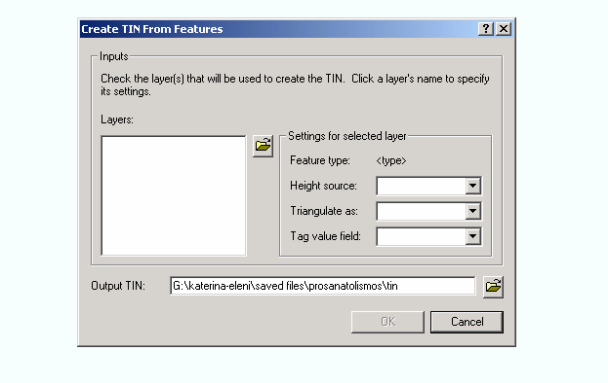
Ένα ψηφιακό μοντέλο μπορεί να δημιουργηθεί με δύο τρόπους : με τη συλλογή πρωτογενών και με τη συλλογή δευτερογενών δεδομένων. Τα πρωτογενή δεδομένα συλλέγονται με τοπογραφικές ή φωτογραμμετρικές μεθόδους. Τα δευτερογενή δεδομένα συλλέγονται με ψηφιοποίηση ή σάρωση πρωτογενών δεδομένων, όπως έγινε και στη συγκεκριμένη περίπτωση.

Η διαδικασία της δημιουργίας του ψηφιακού μοντέλου περιλαμβάνει τη μετατροπή του διανυσματικού αντικειμένου σε ψηφιδωτό (vector to raster), το οποίο περιέχει την πληροφορία του υψομέτρου.[66]

Διαδικασία κατασκευής ψηφιακού μοντέλου

Η διαδικασία η οποία ακολουθήθηκε για την κατασκευή του DEM είναι η εξής:
Αφού ολοκληρώθηκε η ψηφιοποίηση των τοπογραφικών χαρτών έγινε και η ένωση τους. Στη συνέχεια δημιουργήσαμε το αρχείο TIN (ψηφιακό μοντέλου εδάφους σε δίκτυο ακανόνιστων τριγώνων). Οι εντολές που εκτελέστηκαν στο ArcMap είναι οι ακόλουθες:
3D Analyst→ Create/ Modify TIN
→ Create TIN from Features

Στο παράθυρο δημιουργίας του TIN που θα εμφανιστεί



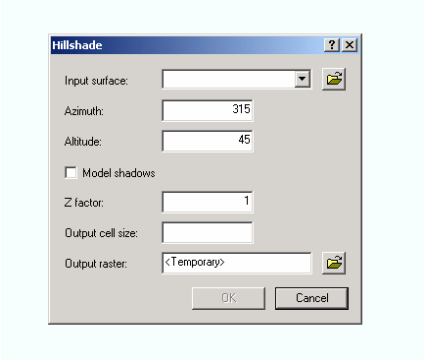
Στο πεδίο Layers τοποθετούμε τα απαραίτητα χαρτογραφικά δεδομένα δηλαδή τις ισοϋψείς στην συγκεκριμένη περίπτωση, στο πεδίο height source τοποθετούμε το πεδίο από το οποίο θα πάρουμε την πληροφορία του ύψους. Στο Triangulate as επιλέγουμε soft line ως τον τρόπο με τον οποίο α προστεθούν τα δεδομένα στο TIN . Τέλος στο output επιλέγουμε τη διαδρομή κ το όνομα του αρχείου όπως θέλουμε να το σώσουμε.

Από το TIN μπορούμε να δημιουργήσουμε το DEM.
Η διαδικασία περιλαμβάνει τα εξής βήματα:
3D Analyst→ Convert
→ TIN to Raster
Ορίζουμε στο cell size την ισο-διάσταση των ισοϋψών , στο input το αρχείο TIN που δημιουργήσαμε. Στο attribute επιλέγουμε το elevation και τέλος στο output που θέλουμε κ με τι όνομα να σωθεί το DEM.

9.14.3 Αναλύσεις με βάση το ψηφιακό μοντέλο εδάφους

Hillshade

Το σκιασμένο ανάγλυφο εδάφους (hillshade) είναι μία επιφάνεια (raster) που λαμβάνει υπόψη της τις κατα τόπους γωνίες φωτεινότητας και σκιές του τοπίου. Με αυτή την επιφάνεια αποκομίζετε τηνυποθετική φωτεινότητα του εδάφους προσδιορίζοντας τιμές φωτεινότητας για κάθε κελί της επιφάνειας. Το αποτέλεσμα μπορεί να εμπλουτίσει σημαντικά την απεικόνιση μιας επιφάνειας προς την ανάλυση και την παρουσίαση. [66]
Η σκιά και το φώς αποδίδονται με γκρί αποχρώσεις που αντιστοιχούν σε ακέραιες τιμές από 0 έως 255, αυξάνοντας από μαύρο έως λευκό.
Εντολές που ακολουθούμε για τη δημιουργία ενός σκιασμένου ανάγλυφο εδάφους
3D analyst→ Surface Analyst
→ Hillshade
Στο παράθυρο που εμφανίζεται



στο input surface εισάγουμε το DEM που έχουμε δημιουργήσει στο Azimuth και στο altitude τα αφήνουμε ως έχουν , ενώ στο z factor βάζουμε τη διάστση του κελιού για το παραγόμενο raster

Ανάλυση Κλίσης (Slope Analysis)

Η κλίση του εδάφους είναι ο λόγος μεταξύ της κατακόρυφης αλλαγής του υψομέτρου ως προς την οριζόντια απόσταση και μπορεί να υπολογιστεί από τιυς χάρτες των ισοϋψών, από την εφαπτόμενη της γωνίας της επιφαφάνεας ως προς το οριζόντιο επίπεδο.Για τον υπολογισμό της κλισης του εδάφους στο GIS επεξεργαζόμαστε τις υψμετρικές τιμές που έχουν καταχωρηθεί στο ψηφιακό μοντέλο εδάφους σε σχέση με την απόσταση. Το απότέλεσμα είναι η κλιση του εδάφους σε μοίρες με τιμές από 0 για την οριζόντια επιφάνεια έως 90 για την κάθετη επιφάνεια .Για την θπο μελέτη περιοχή δημιουργήθηκε το μοντέλο κλισης στο οποίο οι τιμές κυμαίνονται από 0 εώς 76 μοίρες. [67]

Ανάλυση Προσανατολισμού (Aspect Analysis)

Ο προσανατολισμός είναι η διεύθυνση στην οποία «βλέπει» μια μονάδα εδάφους και βασίζεται στις τιμές της κλίσης και του υψομέτρου. Η ανάλυση του προσανατολισμού μιας θέσης γίνεται σε σχέση με το γεωγραφικό ορίζοντα. Η ανάλυση στο ψηφιακό μοντέλο εδάφους γίνεται με κέντρο τη μονάδα εδάφους που μελετάται , σε ένα εικοπαράθυρο 3x3 , ενώ στο διανυσματικό υπόβαθρο TIN υπολογίζεται με γραμμικές μετρήσεις .[68] Ο προσανατολισμός υπολογίζεται είτε σε μοίρες και τιμές 1 για το βορρά, 90 ανατολή, 180 για νότο και 270 για τη δύση, είτε στις βασικές κατηγορίες οκτώ κατηγορίες προσανατολισμού και τιμές N, NE, E, SE, S, SW, W, NW.[69]

9.14.4 Επιφάνειες Παρεμβολής

Ο στόχος της παρούσας εργασίας και των αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν μέσω των Γ.Σ.Π. ήταν για την παρακολούθηση της λεκάνης απορροής του ποταμού Κερίτη και την καλύτερη απεικόνιση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων.

Για την παρακολούθηση της λεκάνης απορροής δημιουργήθηκαν επιφάνειες που απεικονίζουν τη μεταβολή των παραμέτρων που αναλύθηκαν για κάθε δειγματοληψία και στις 9 θέσεις κατά μήκος του ποταμού. Διάφορες τεχνικές παρεμβολής εφαρμόστηκαν για την καλύτερη χαρτογραφική απόδοση της κατανομής των μετρούμενων παραμέτρων.

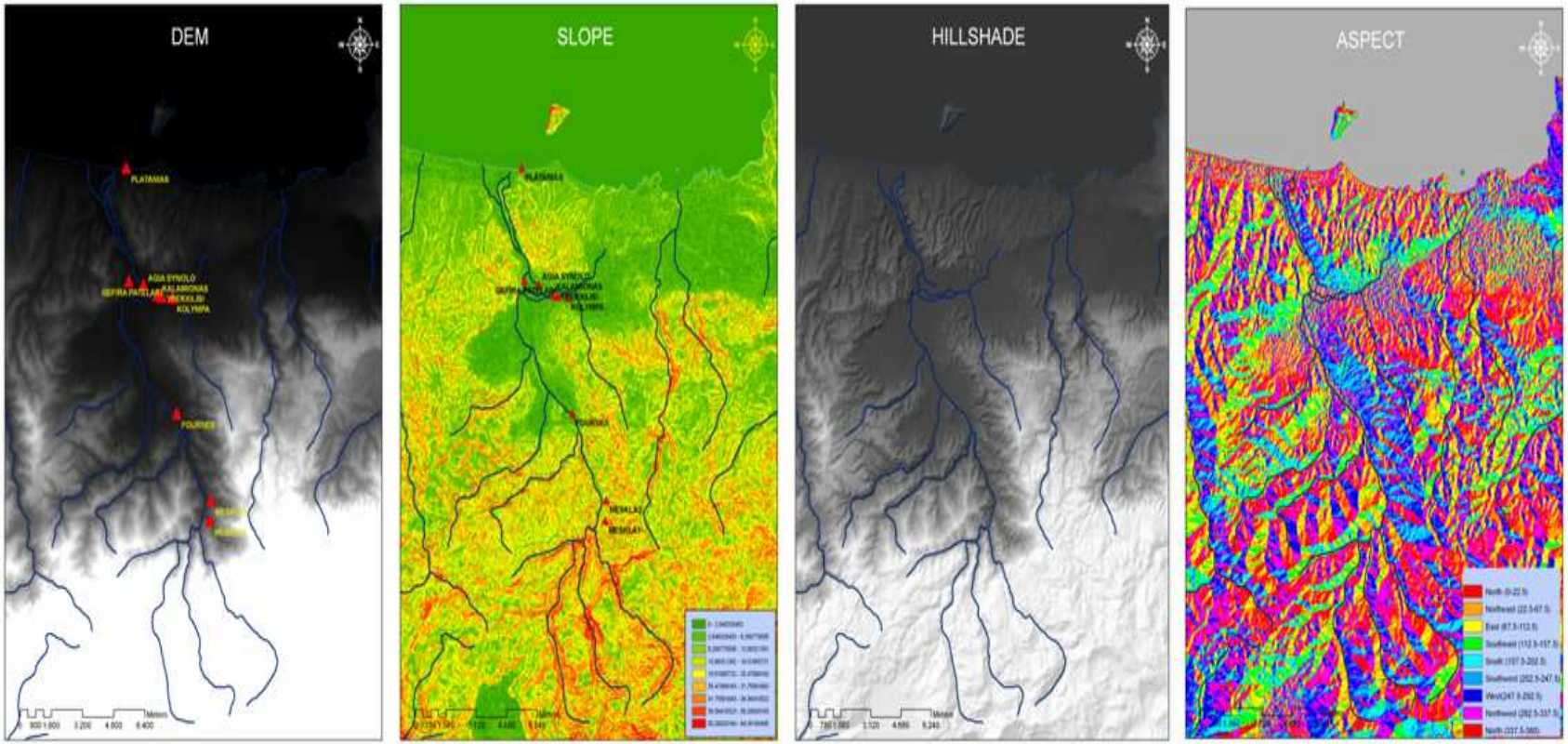
Η παρεμβολή είναι μια διαδικασία με την οποία δημιουργείται μία συνεχόμενη επιφάνεια, συνήθως σε raster μορφή, λαμβάνοντας υπόψη τα σημεία των μετρήσεων. Οι επιφάνειες παρεμβολής κάνουν μία πρόβλεψη από τα σημεία δειγματοληψίας για όλες τις θέσεις σύνολο των δεδομένων είτε έχουν γίνει μετρήσεις για αυτά είτε όχι. Υπάρχουν δύο κατηγορίες τεχνικής για την παρεμβολή : η γεωστατιστική και η ντετερμινιστική. Υπάρχουν πολλοί αλγόριθμοι παρεμβολής, ο κάθε ένας εκ των οποίων εξαρτάται από το τύπο των δεδομένων.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση έγινε χρήση του αλγόριθμου *Inverse distance weighted* που ανήκει στην ντετερμινιστική τεχνική. Ο αλγόριθμος αυτός δίνει μεγαλύτερη βαρύτητα στα μεμονωμένα σημεία μετρήσεων μέσω συγκεκριμένων συντελεστών βαρύτητας, ανάλογα με την απόσταση αυτών από τα αντίστοιχα κελιά (pixel) της επιφάνειας (Εικ. 43).

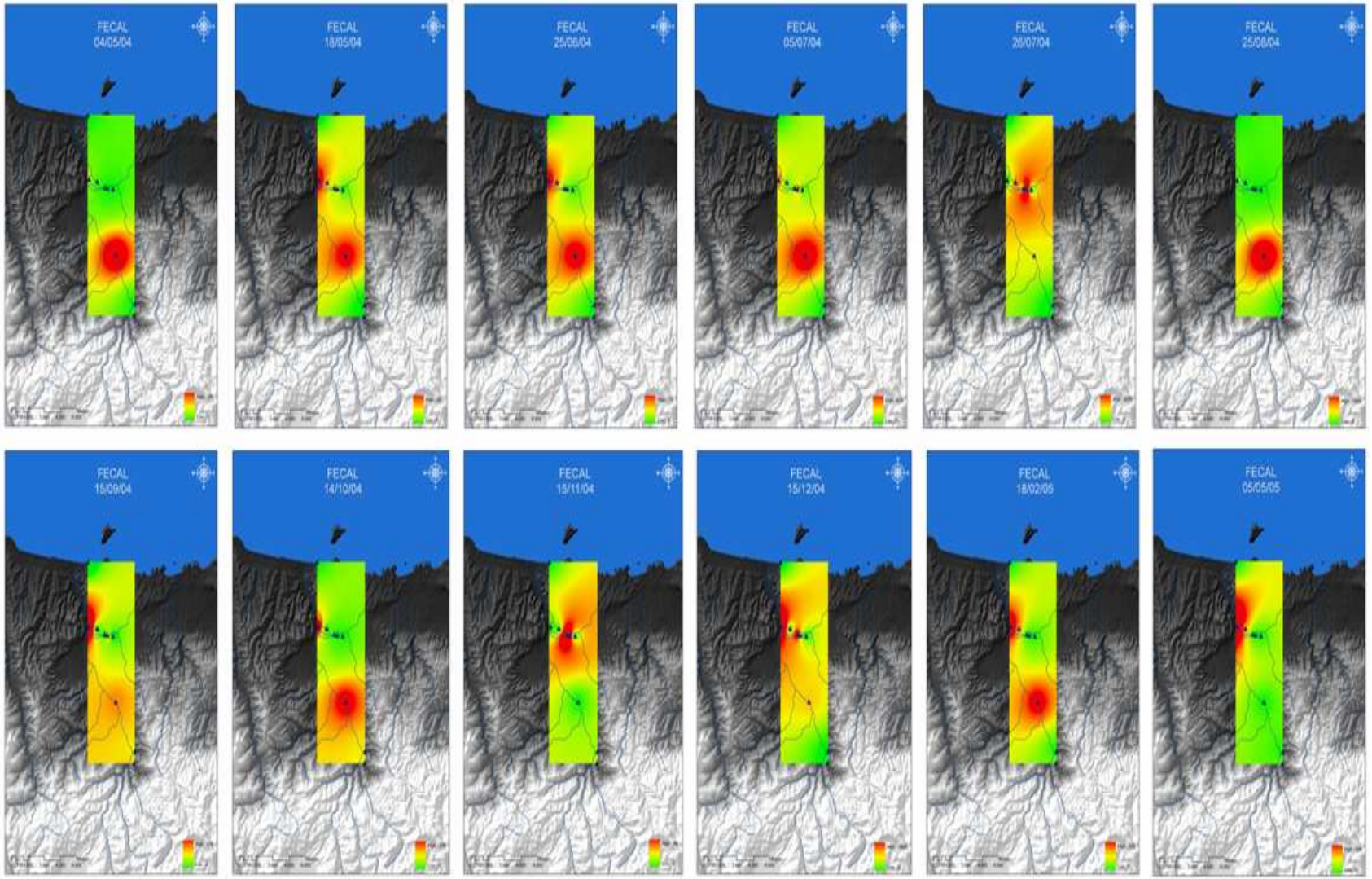
Η απλή μαθηματική έκφραση του αλγόριθμου IDW σύμφωνα με τον Shepard είναι:

$$w(d) = \frac{1}{d^p}$$

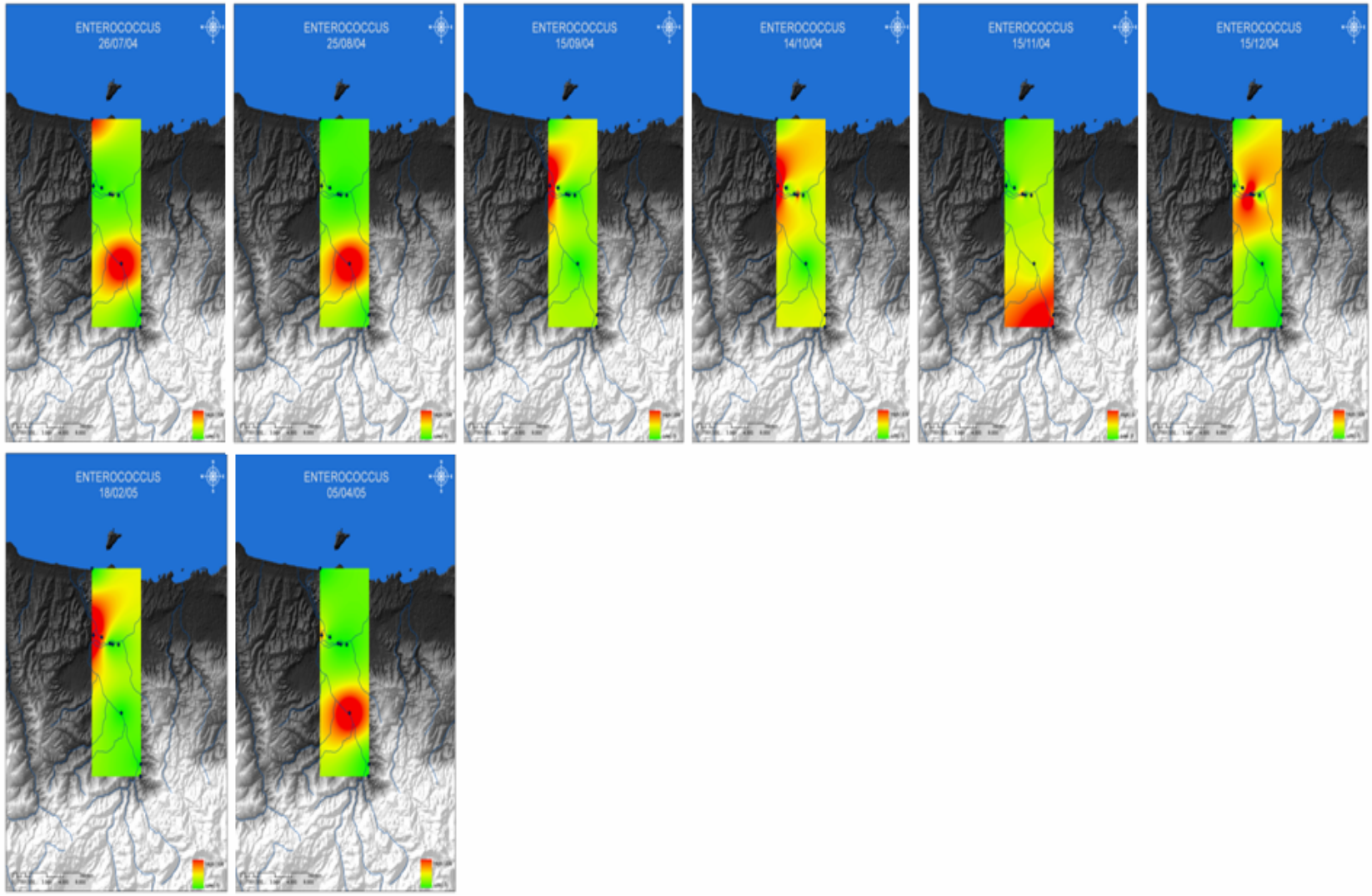
όπου *w*(*d*) είναι ο δείκτης βαρύτηταςπου εφαρμόζεται σε μια γνωστή τιμή , *d* είναι η απόσταση από τη γνωστή τιμή στην άγνωστη τιμή και *p* είναι ένας θετικός πραγματικός αριθμός που ονοόζεται παράμετρος δύναμης. Το βάρος μειώνεται όσο αυξάνεται η απόσταση μεταξύ των σημείων πού γίνεται η παρεμβολή. Μεγάλυτερες τιμές του πραγματικού αριθμού p δημιουργούν μεγαλύτερη επιρροή στα κοντινά σημεία που συμμετέχουν στην παρεμβολή. Η πιο κοινή τιμή που δίνεται στον παράγοντα p είναι ο αριθμός 2.



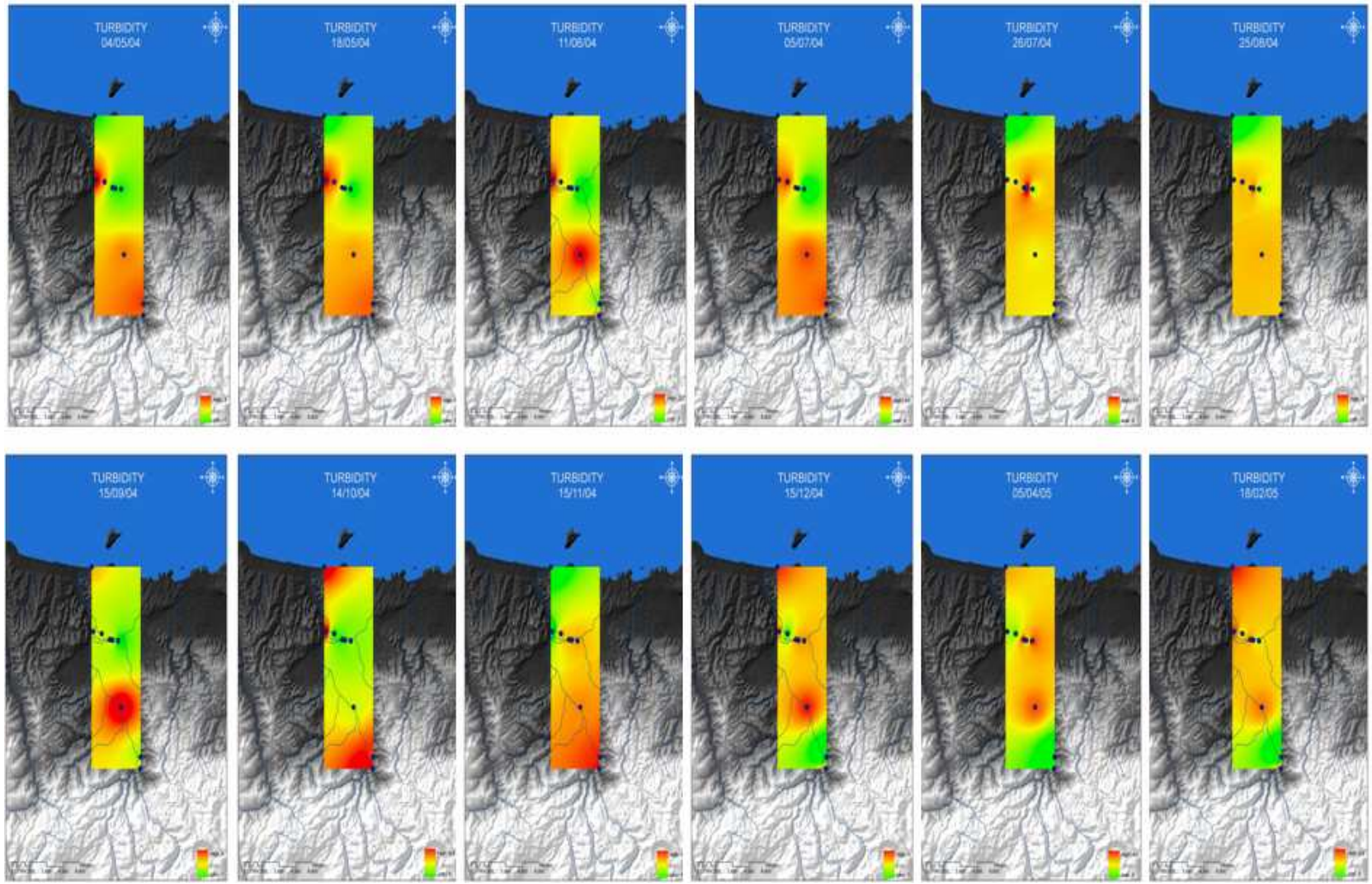
Εικ.42 . *α) ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM) με υπέρθεση του υδρολογικού δικτύου και των θέσεων δειγματοληψίας, β) χάρτης κλίσης, γ) χάρτης φωτοσκίασης & δ) χάρτης προσανατολισμού*



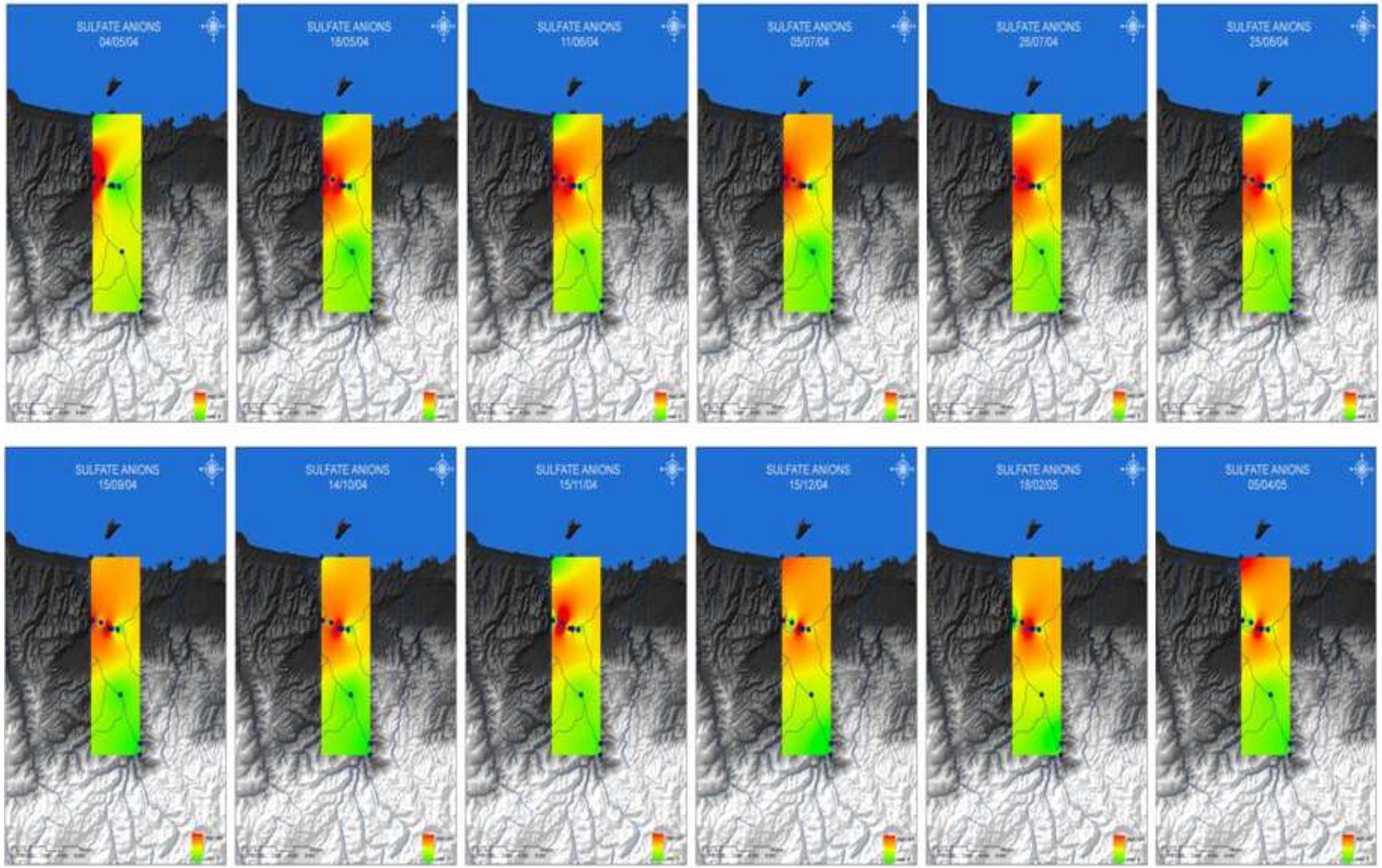
Εικ.43 *Χωρική κατανομή των αποικιών E coli βακτηριδίων του νερού κατά μήκος της λεκάνης απορροής του Κερίτη για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας την περίοδο 2004-2005 (από Μάιο 2004 έως Μάιο 2005 – από πάνω αριστερά προς τα κάτω δεξιά).*



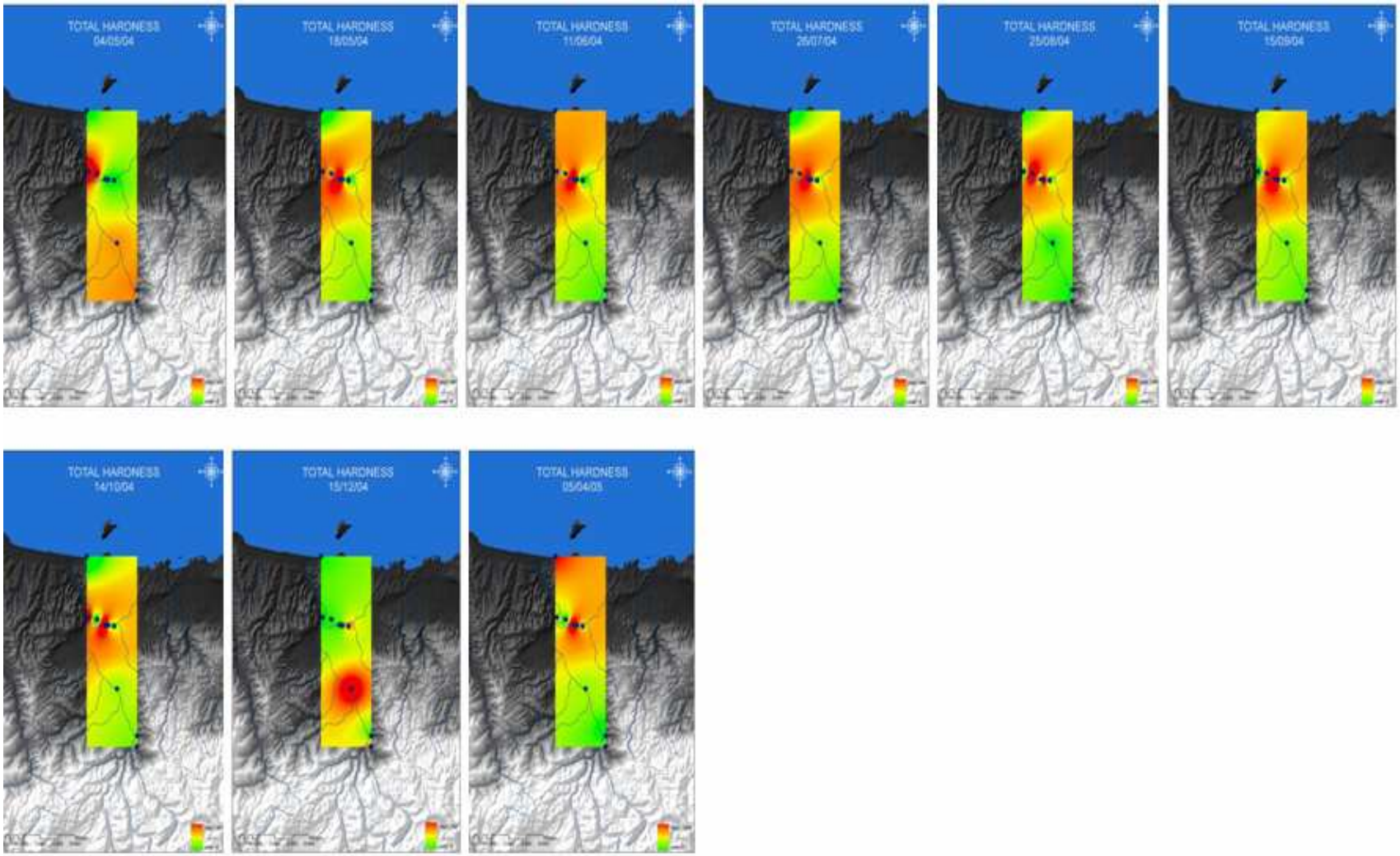
Εικ.44 *Χωρική κατανομή των αποικιών Εντερόκοκκων του νερού κατά μήκος της λεκάνης απορροής του Κερίτη για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας την περίοδο 2004-2005 (από Μάιο 2004 έως Μάιο 2005 – από πάνω αριστερά προς τα κάτω δεξιά).*



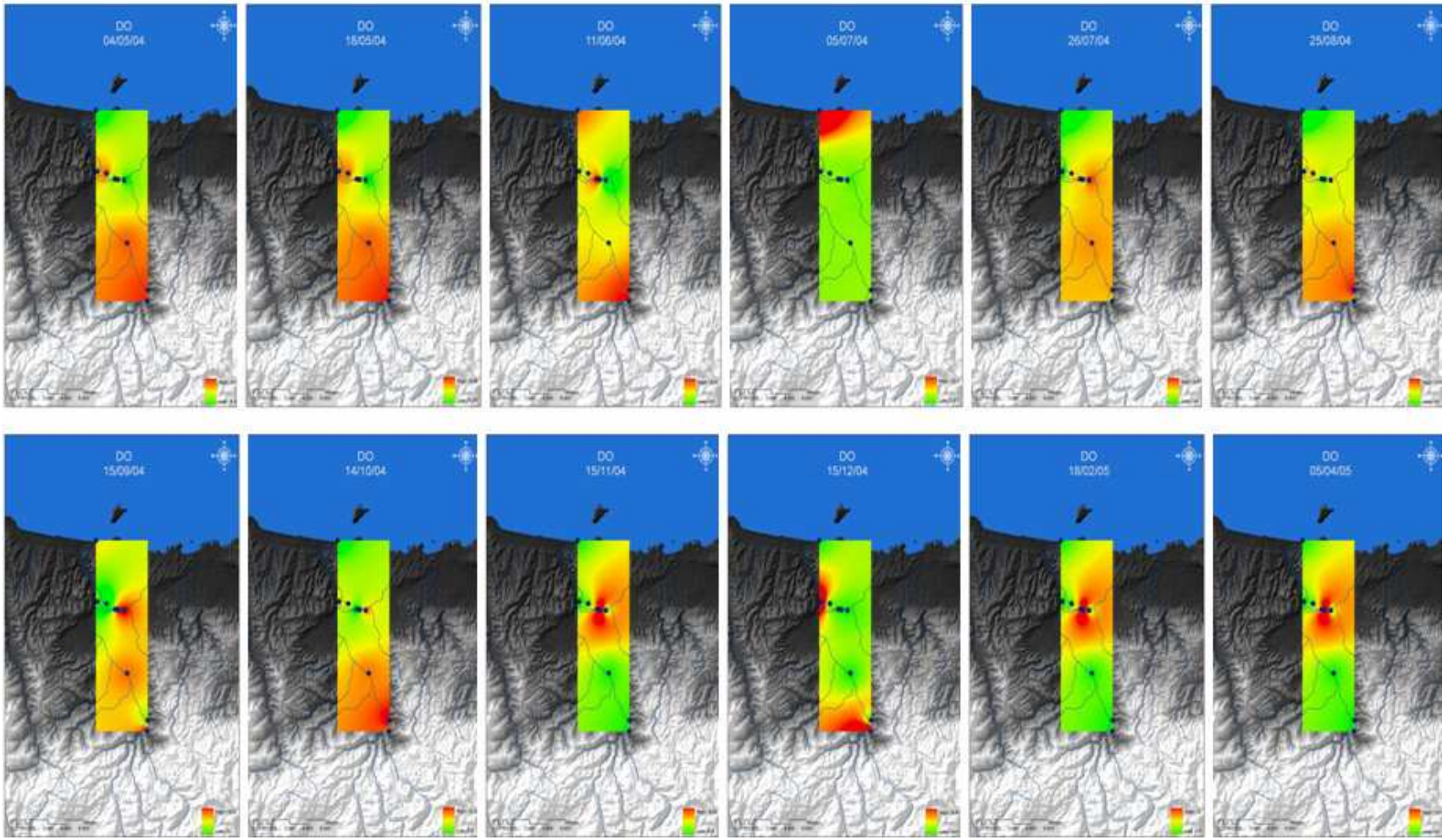
Εικ.46 *Χωρική κατανομή της θολερότητας του νερού κατά μήκος της λεκάνης απορροής του Κερίτη για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας την περίοδο 2004-2005 (από Μάιο 2004 έως Μάιο 2005 – από πάνω αριστερά προς τα κάτω δεξιά).*



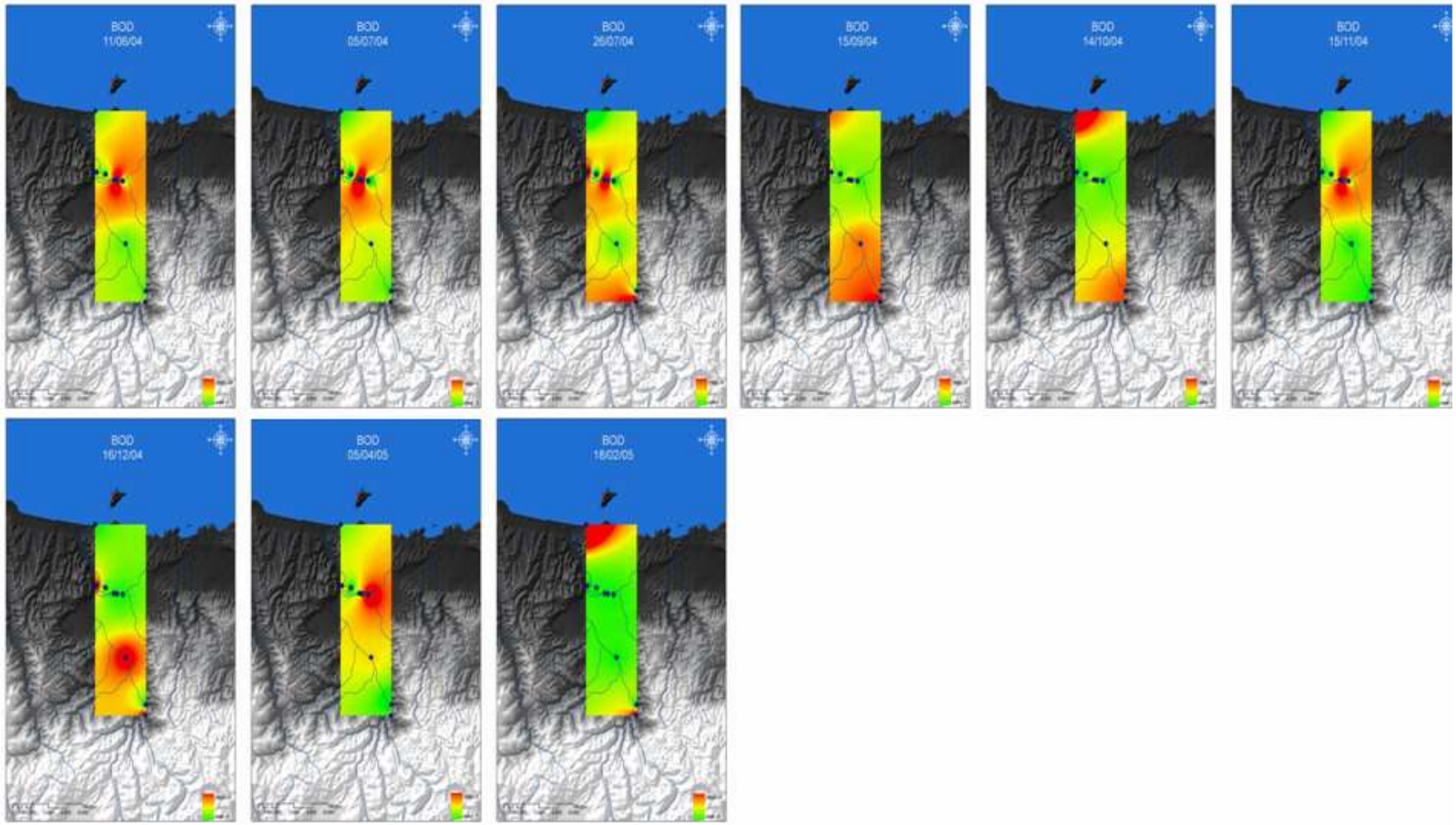
Εικ.47 *Χωρική κατανομή των Θειικών ιόντων του νερού κατά μήκος της λεκάνης απορροής του Κερίτη για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας την περίοδο 2004-2005 (από Μάιο 2004 έως Μάιο 2005 – από πάνω αριστερά προς τα κάτω δεξιά).*



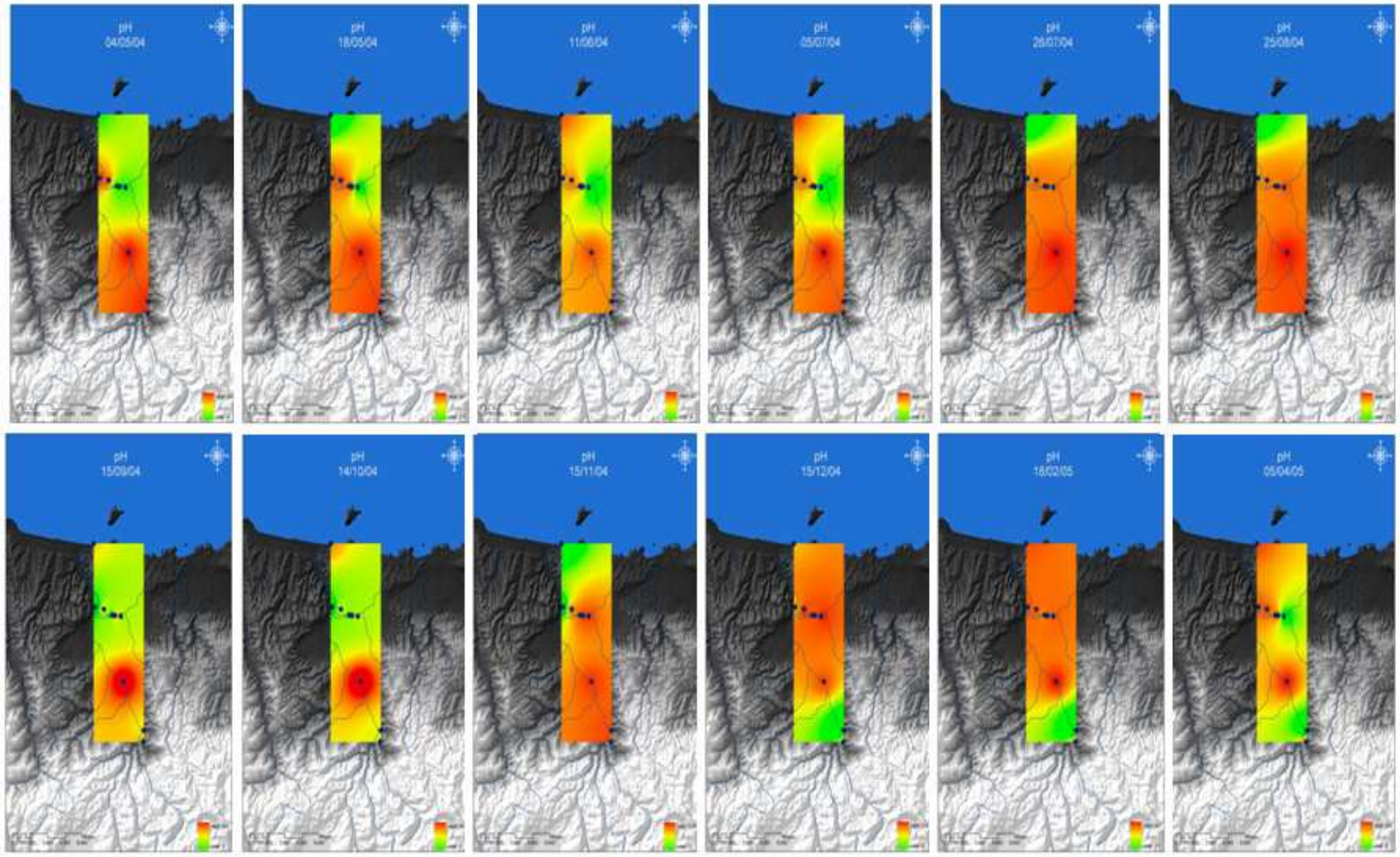
Εικ.48 *Χωρική κατανομή της ολικής σκληρότητας του νερού κατά μήκος της λεκάνης απορροής του Κερίτη για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας την περίοδο 2004-2005 (από Μάιο 2004 έως Μάιο 2005 – από πάνω αριστερά προς τα κάτω δεξιά)..*



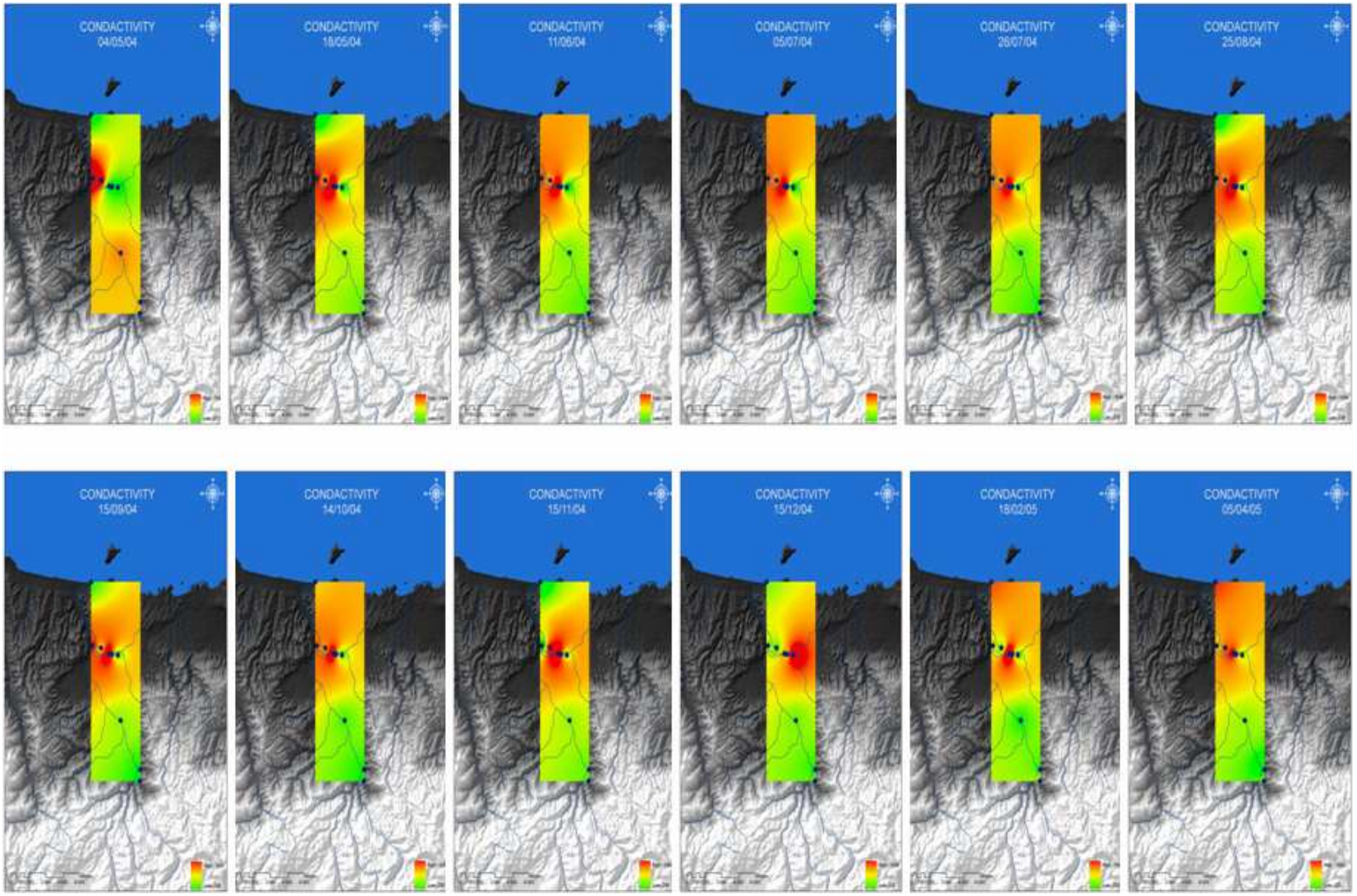
Εικ.49 *Χωρική κατανομή του DO του νερού κατά μήκος της λεκάνης απορροής του Κερίτη για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας την περίοδο 2004-2005 (από Μάιο 2004 έως Μάιο 2005 – από πάνω αριστερά προς τα κάτω δεξιά).*



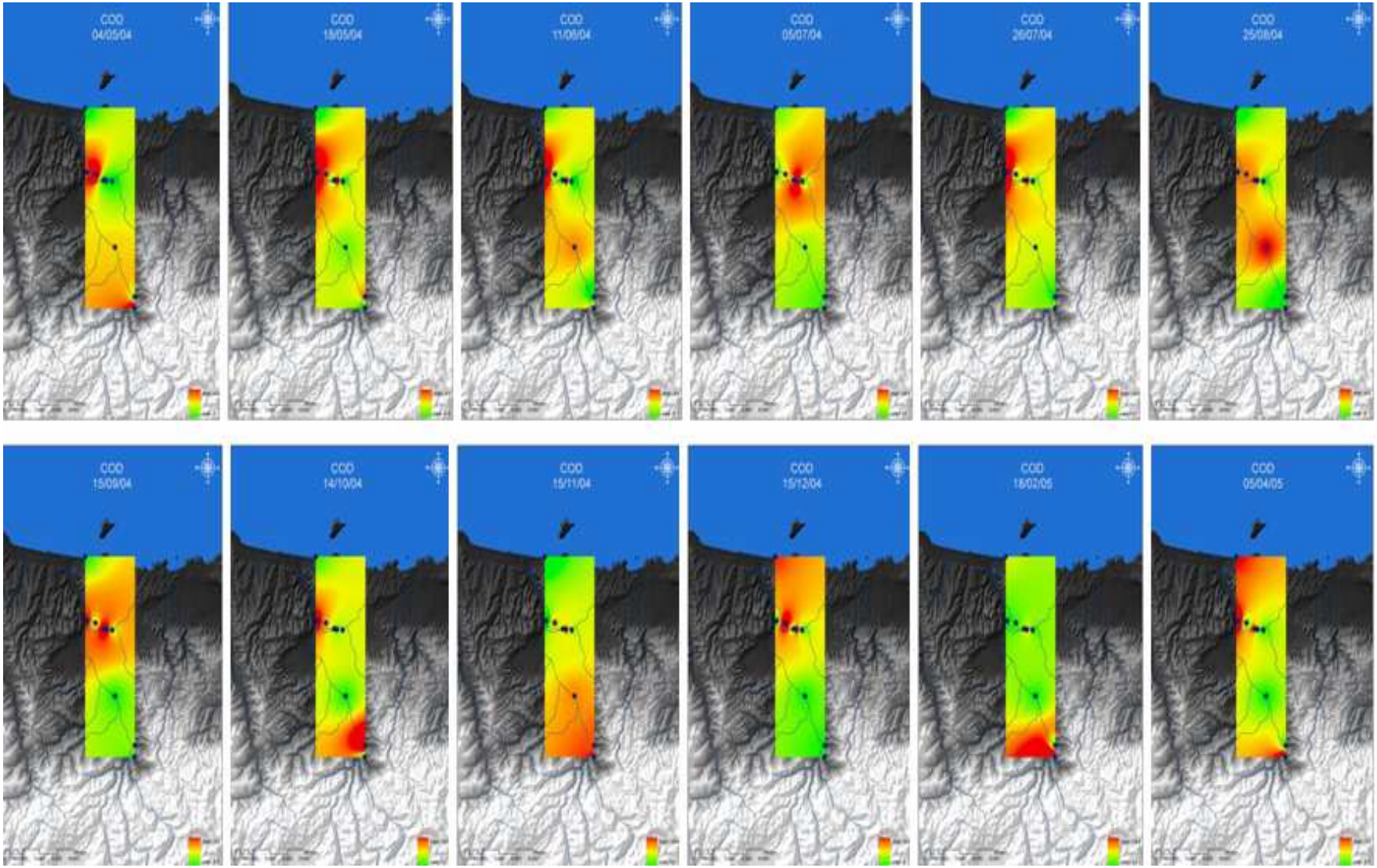
Εικ.50 *Χωρική κατανομή του BOD του νερού κατά μήκος της λεκάνης απορροής του Κερίτη για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας την περίοδο 2004-2005 (από Μάιο 2004 έως Μάιο 2005 – από πάνω αριστερά προς τα κάτω δεξιά).*



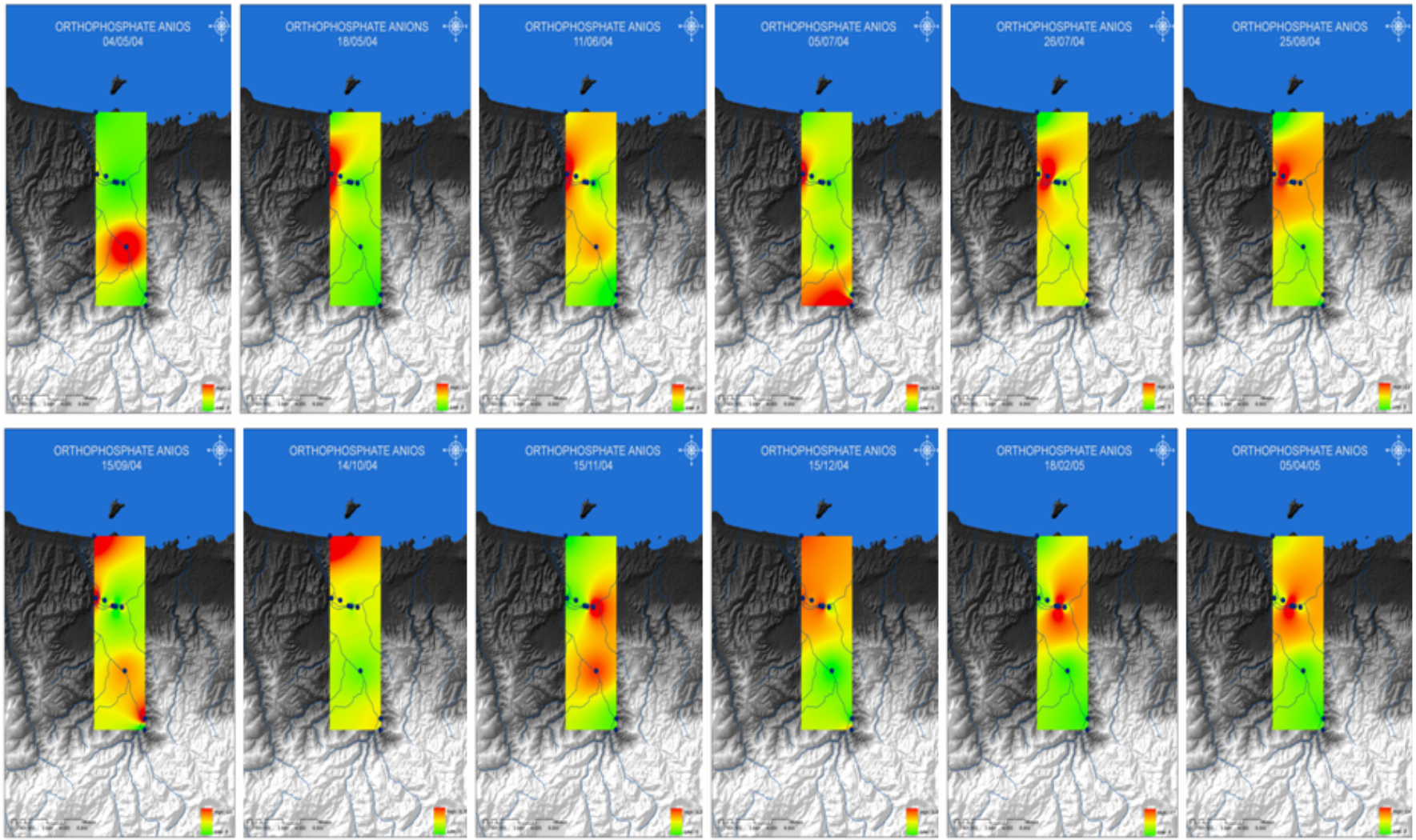
Εικ.51 *Χωρική κατανομή του pH του νερού κατά μήκος της λεκάνης απορροής του Κερίτη για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας την περίοδο 2004-2005 (από Μάιο 2004 έως Μάιο 2005 – από πάνω αριστερά προς τα κάτω δεξιά).*



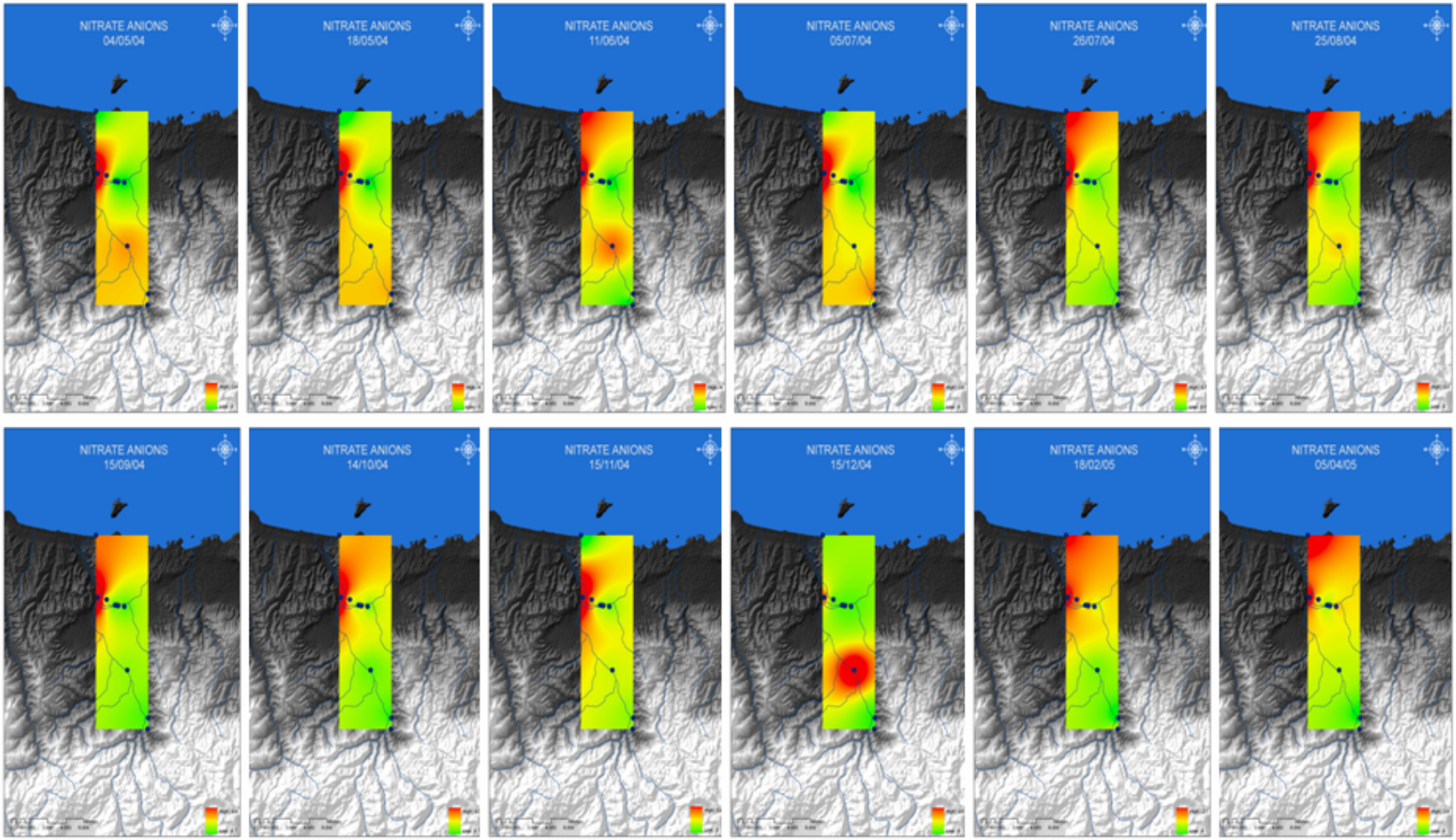
Εικ.52 *Χωρική κατανομή της αγωγιμότητας του νερού κατά μήκος της λεκάνης απορροής του Κερίτη για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας την περίοδο 2004-2005 (από Μάιο 2004 έως Μάιο 2005 – από πάνω αριστερά προς τα κάτω δεξιά).*



Εικ.53 *Χωρική κατανομη του COD του νερού κατά μήκος της λεκάνης απορροής του Κερίτη για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας την περίοδο 2004-2005 (από Μάιο 2004 έως Μάιο 2005 – από πάνω αριστερά προς τα κάτω δεξιά).*



Εικ.54 *Χωρική κατανομή των Ορθοφωσφορικών ιόντων του νερού κατά μήκος της λεκάνης απορροής του Κερίτη για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας την περίοδο 2004-2005 (από Μάιο 2004 έως Μάιο 2005 – από πάνω αριστερά προς τα κάτω δεξιά).*



Εικ.55 *Χωρική κατανομή των Νιτρικών ιόντων του νερού κατά μήκος της λεκάνης απορροής του Κερίτη για κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας την περίοδο 2004-2005 (από Μάιο 2004 έως Μάιο 2005 – από πάνω αριστερά προς τα κάτω δεξιά).*

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αξιολόγηση της κατάστασης των υδάτων

Οι περισσότερες χώρες στον κόσμο έχουν καθιερώσει πρότυπα ποιότητας του πόσιμου νερού που εφαρμόζουν στην επικράτειά τους και χρησιμοποιούν μεθόδους ανάλυσης και έκφρασης των αποτελεσμάτων παρόμοιες για να είναι εύκολη η σύγκριση μεταξύ τους. Για να παρουσιαστεί και να αξιολογηθεί η κατάσταση των υδάτων (επιφανειακών, υπόγειων και παράκτιων) μιας λεκάνης απορροής ποταμού, απαιτούνται βιολογικά, υδρομορφολογικά, χημικά και φυσικοχημικά στοιχεία. Η πετρογραφία των λεκανών απορροής καθορίζει το περιεχόμενο των ποταμών σε μαγνήσιο , πυρίτιο, ενώ σε μη διαταραγμένα ορεινά σημεία, το νάτριο και το κάλιο προέρχονται αποκλειστικά από τη διάβρωση των πυριτικών πετρωμάτων. Η εξάτμιση και η βιολογική αναπνοή κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου και η έκπλυση του εδάφους κατά τη διάρκεια πλημμυρών, ενισχύουν τις ποτάμιες συγκεντρώσεις ανθρακικών αλάτων. Όσον αναφορά το νάτριο και το χλώριο περίπου το 15% του ποτάμιου περιεχομένου οφείλεται στις βροχοπτώσεις. Οι ορεινές ροές αποτελούν αξιόλογο πόρο εμπλουτισμού των εσωτερικών υδάτων με θρεπτικά συστατικά [35]. Για τα επιφανειακά ύδατα ισχύουν συνοπτικά τα παρακάτω [70]:

Βιολογικά στοιχεία:

1. Σύνθεση και αφθονία της υδατικής χλωρίδας
2. Σύνθεση και αφθονία της πανίδας βενθικών ασπονδύλων
3. Σύνθεση, αφθονία και κατανομή κατά ηλικίες της ιχθυοπανίδας
4. Υδρομορφολογικά στοιχεία που υποστηρίζουν τα βιολογικά στοιχεία:
5. Υδρολογικό καθεστώς
   - ποσότητα και δυναμική των υδάτινων ροών
   - σύνδεση με συστήματα υπόγειων υδάτων

Μορφολογικές συνθήκες

1. διακύμανση του βάθους και του πλάτους του ποταμού (ή της λίμνης)
2. δομή και υπόστρωμα του πυθμένα του ποταμού (ή της λίμνης)
3. δομή της παρόχθιας ζώνης

Χημικά και φυσικοχημικά στοιχεία που υποστηρίζουν τα βιολογικά στοιχεία:

- Γενικά
- Θερμικές συνθήκες
- Συνθήκες οξυγόνωσης
- Αλατότητα
- Κατάσταση οξίνισης
- Συνθήκες θρεπτικών ουσιών

Συγκεκριμένοι ρύποι

1. Ρύπανση από όλες τις ουσίες προτεραιότητας οι οποίες είναι γνωστό ότι απορρίπτονται στο υδατικό σύστημα.
2. Ρύπανση από άλλες ουσίες οι οποίες είναι γνωστό ότι απορρίπτονται σε σημαντικές ποσότητες στο υδατικό σύστημα.
3.

Γενικά η οικολογική ποιότητα των επιφανειακών υδάτων μπορεί να χωριστεί στις εξής κατηγορίες:

1. Υψηλή κατάσταση

Έλλειψη ή ήσσονος μόνο σημασίας ανθρωπογενείς μεταβολές των τιμών των φυσικοχημικών και των υδρομορφολογικών ποιοτικών στοιχείων του τυπικού συστήματος επιφανειακών υδάτων σε σχέση με εκείνα που χαρακτηρίζουν φυσιολογικά τον τύπο αυτόν υπό μη διαταραγμένες συνθήκες.[70]

Οι τιμές των βιολογικών ποιοτικών στοιχείων του συστήματος επιφανειακών υδάτων αντικατοπτρίζουν εκείνες που χαρακτηρίζουν φυσιολογικά τον τύπο αυτόν υπό μη διαταραγμένες συνθήκες. Υπάρχουν τυποχαρακτηριστικές συνθήκες και κοινότητες.

2. Καλή κατάσταση

Οι τιμές των βιολογικών ποιοτικών στοιχείων του συστήματος επιφανειακών υδάτων εμφανίζουν χαμηλού επιπέδου αλλοιώσεις λόγω ανθρώπινων δραστηριοτήτων αλλά παραλλάσσουν μόνον ελαφρώς από τις τιμές που χαρακτηρίζουν φυσιολογικά το τυπικό σύστημα επιφανειακών υδάτων υπό μη διαταραγμένες συνθήκες.[70]

Μέτρια κατάσταση: Οι τιμές των βιολογικών ποιοτικών στοιχείων του συστήματος επιφανειακών υδάτων παραλλάσσουν μετρίως από τις τιμές που χαρακτηρίζουν φυσιολογικά το τυπικό σύστημα επιφανειακών υδάτων υπό μη διαταραγμένες συνθήκες. Οι τιμές εμφανίζουν μέτριες αλλοιώσεις λόγω ανθρώπινων δραστηριοτήτων και είναι σημαντικά πιο διαταραγμένες από ό,τι υπό τις συνθήκες καλής κατάστασης.

Τα ύδατα τα οποία εμφανίζουν ενδείξεις σημαντικών αλλοιώσεων των τιμών των βιολογικών ποιοτικών στοιχείων του τυπικού συστήματος επιφανειακών υδάτων και στα οποία οι σχετικές βιολογικές κοινότητες διαφέρουν ουσιαστικά από εκείνες που χαρακτηρίζουν φυσιολογικά το τυπικό σύστημα επιφανειακών υδάτων υπό μη διαταραγμένες συνθήκες, ταξινομούνται ως ελλιπούς κατάστασης.

Τα ύδατα τα οποία εμφανίζουν ενδείξεις σοβαρών αλλοιώσεων των τιμών των βιολογικών ποιοτικών στοιχείων του τυπικού συστήματος επιφανειακών υδάτων και από τα οποία απουσιάζει μεγάλο μέρος των σχετικών βιολογικών κοινοτήτων που χαρακτηρίζουν φυσιολογικά το τυπικό σύστημα επιφανειακών υδάτων υπό μη διαταραγμένες συνθήκες, ταξινομούνται ως κακής κατάστασης.

Παράμετρος για την ταξινόμηση της ποσοτικής κατάστασης των υπόγειων υδάτων αποτελεί το καθεστώς της στάθμης τους. Η ποσοτική κατάσταση των υπόγειων υδάτων ορίζεται ως εξής

Καλή κατάσταση:

Η στάθμη των υπόγειων υδάτων στο υπόγειο υδατικό σύστημα εξασφαλίζει ότι ο διαθέσιμος πόρος υπόγειων υδάτων δεν εξαντλείται από τον μακροπρόθεσμο ετήσιο μέσο όρο άντλησης.[70]

Κατά συνέπεια, η στάθμη των υπόγειων υδάτων δεν υπόκειται σε ανθρωπογενείς μεταβολές που θα οδηγούσαν:

- σε μη τήρηση των περιβαλλοντικών στόχων, σε σημαντική μείωση της κατάστασης των υδάτων αυτών
- σε σημαντική βλάβη των χερσαίων οικοσυστημάτων τα οποία εξαρτώνται άμεσα από το σύστημα των υπόγειων υδάτων, και μπορεί να εμφανίζονται προσωρινά, ή συνεχώς σε χωρικώς περιορισμένη περιοχή, μεταβολές της κατεύθυνσης της ροής λόγω μεταβολών της στάθμης, αλλά οι αντιστροφές αυτές δεν οδηγούν σε εισροή αλμυρού νερού ή άλλων υλών και δεν αποτελούν μόνιμη και σαφώς διαπιστωμένη ένδειξη τάσεων, οφειλόμενων σε ανθρωπογενή αίτια, αλλαγής της κατεύθυνσης της ροής ικανών να οδηγήσουν σε τέτοιες εισροές.

Παρόμοια ορίζεται και η καλή ποιοτική κατάσταση των υπόγειων υδάτων. Επιπρόσθετα, πρέπει να η χημική σύνθεση του συστήματος να είναι τέτοια ώστε οι συγκεντρώσεις των ρύπων να μην υπερβαίνουν άλλα κοινοτικά πρότυπα ποιότητας. Παράμετροι που παρακολουθούνται για την εκτίμηση της ποιότητας των υπόγειων υδάτων είναι: η περιεκτικότητα σε οξυγόνο, η τιμή του pH, η αγωγιμότητα, νιτρικές ενώσεις και αμμώνιο.[70]

Πίνακας16 . *Πρότυπα ποιότητας γλυκών επιφανειακών νερών για υδροληψία πόσιμου νερού [71]*

Α/Α		Κατηγορία νερών					
		Κατηγορία Α1[1]		Κατηγορία Α2[2]		Κατηγορία Α3[3]	
		Επιθυμητό όριο	Ανώτατο επιτρεπτό όριο	Επιθυμητό όριο	Ανώτατο επιτρεπτό όριο	Επιθυμητό όριο	Ανώτατο επιτρεπτό όριο
		1	2	3	4	5	6
1	pH, μονάδες	6,5-8,5		5,5-9		5,5-9	
2	Χρώμα, mg/l Κλίμακα Pt	10	20(ο)	50	100(ο)	50	200(ο)
3	Σύνολο αιωρουμένων στερεών, mg/l SS	25					
4	Θερμοκρασία, ^{o}C	22	30(ο)	22	30(ο)	22	30(ο)
5	Αγωγιμότητα, μS/cm σε 20 ^{o}C	1000		1000		1000	
6	Οσμή (Συντελεστής αραίωσης σε 25 ^{o}C)	3		10		20	
7	Νιτρικά, mg/l NO_3	25	50(ο)		50(ο)		50(ο)
8	Φθοριούχα, mg/l F	0,7-1	1,5	0,7-1,7		0,7-1,7	
9	Διαλυμένος σίδηρος, mg/l Fe	0,1	0,3	1	2	1	
10	Μαγγάνιο,mg/l Mn	0,05		0,1		1	
11	Χαλκός, mg/l Cu	0,02	0,05(ο)	0,05		1	
12	Ψευδάργυρος, mg/l Zn	0,5	3	1	5	1	5
13	Βόριο, mg/l B	1		1		1	
14	Αρσενικό, mg/l As	0,01	0,05		0,05	0,05	0,1

1.1. Κατηγορίες νερών που προορίζονται για παραγωγή πόσιμου νερού. Τα νερά που προορίζονται για παραγωγή πόσιμου νερού κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες, ανάλογα με την προβλεπόμενη επεξεργασία τους:

α) **Κατηγορία Α1.** Νερά μετά από απλή φυσική επεξεργασία και απολύμανση, ιδίως με ταχεία διύλιση και απολύμανση.

β) **Κατηγορία Α2.** Νερά μετά από κανονική φυσική και χημική επεξεργασία και απολύμανση, ιδίως με προχλωρίωση, συσσωμάτωση, κροκίδωση, καθίζηση, διύλιση και απολύμανση.

γ) **Κατηγορία Α3.** Νερά μετά από εντατική φυσική και χημική επεξεργασία και προχωρημένη απολύμανση, ιδίως με χλωρίωση μέχρι του σημείου θραύσεως, συσσωμάτωση, κροκίδωση, καθίζηση, διύλιση, προσρόφηση (ενεργός άνθρακας) και απολύμανση (όζον, τελική χλωρίωση).

Η υδροχημική σύσταση των υπογείων νερών καθορίζεται κυρίως από την σύσταση των γεωλογικών σχηματισμών με τους οποίους έρχονται σε επαφή κατά τη διαδρομή τους από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι τον υδροφορέα,καθώς και κατά την κίνηση τους μέσα στον ίδιο τον υδροφορέα .Καθορίζεται επίσης από την χρονική διάρκεια της επαφής του υπόγειου νερού με κάθε πέτρωμα,την ταχύτητα κίνησης κ.λ.π. Ακόμη η χημική σύσταση των υπογείων νερών επηρεάζεται σε μικρό ή μεγάλο βαθμό από παράγοντες ανθρωπογενούς προέλευσης ,όπως η ρύπανση από άμεση ή έμμεση απόρριψη γεωργικών φαρμάκων λυμάτων κ.λ.π. στο έδαφος ή στο υπέδαφος και από τη θαλάσσια διείσδυση. Τα στοιχεία που μας φανερώνουν τη ρύπανση του νερού είναι : το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο, ενώσεις αζώτου, ενώσεις φωσφόρου,τα θειικά ιόντα, ολικός οργανικός άνθρακας.

Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD_5**)**

Τα όρια του BOD_5 για νερά ποταμών χωρίς ρύπανση πρέπει να είναι βάσει της Ελληνικής νομοθεσίας <1 mgO_2/l. Σε περιοχές με μικρή επίδραση από ανθρωπογενείς δραστηριότητες παρατηρείται BOD_5>2 mgO_2/l, ενώ όταν οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 3-5 mgO_2/l το νερό χαρακτηρίζεται ύποπτο και οι χρήσεις του περιορίζονται [53]. Νερό με BOD_5>5 ενώ θεωρείται ακατάλληλο για πολλές χρήσεις καθώς αποτελεί σαφή ένδειξη ρύπανσης τα αίτια της οποίας πρέπει να αναζητηθούν άμεσα [35].

Από το Διάγραμμα 4, παρατηρούμε ότι για την περίοδο από 4/05/04 μέχρι 5/04/05 οι τιμές του BOD_5 σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στην περιοχή μελέτης κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα από 0 έως 5 mg/l O_2.

Η μεγαλύτερη και απότομη αύξηση στην τιμή BOD_5 παρατηρήθηκε στις 11/06/04 στο σημείο δειγματοληψίας "ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗ" (περιοχή λίμνη Αγιάς) όταν η τιμή του BOD_5 έφτασε στο 28 mg/l O_2. Η υψηλή αυτή τιμή BOD_5, την καλοκαιρινή περίοδο, οπότε και παρατηρείται εποχικά χαμηλή στάθμη στο νερό της λίμνης, δεικνύει την πιθανή εισροή σημαντικής οργανικής φόρτισης στην λίμνη από περιοχή ανάντη. Όλο τον υπόλοιπο χρόνο δειγματοληψιών οι τιμές παρότι δεν ξεπέρασαν τα 8 mgO_2/l αποτελούν ένδειξη της συνεχούς εισροής ρυπογόνου φορτίου πιθανότατα από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Η τιμή του BOD_5 στην κορυφή της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Κερίτη (Μεσκλά 1) κυμαίνεται από 1 έως 4 mgO_2/l όπως και στην εκβολή του ποταμού (σημείο δειγματοληψίας Πλατανιά).

Στην πηγή Καλαμιώνα οι τιμές του BOD_5 μετρήθηκαν <4 mgO_2/l εκτός από την δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε στις 5/07/2004 οπότε η τιμή έφτασε στα 8 δεικνύοντας γενικά την καλή κατάσταση της πηγής. Ανάλογη συμπεριφορά παρατηρήθηκε και στην πηγή Κολύμπα με τιμή BOD_5<5 mgO_2/l.

Η γενική εικόνα της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη δεικνύει μεν την ανθρωπογενή οργανική φόρτιση η οποία όμως είναι ακόμη σε χαμηλά επίπεδα χωρίς να ξεπερνά την κατάσταση άλλων ελληνικών ποταμών όπως του Αξιού και την μέση τιμή BOD_5 κατά μήκος των ευρωπαϊκών πεταμών (4,5 mgO_2/l) (Κουσουρής). Πρέπει να καταβληθεί κάθε προσπάθεια πρόληψης και αντιμετώπισης των σημειακών περιπτώσεων οργανικής επιβάρυνσης των υδατικών πόρων της λεκάνης.

Διαλυμένο οξυγόνο (Dissolved Oxygen, DO)

Γενικά η διαλυτότητα του οξυγόνου μειώνεται όσο η θερμοκρασία και η αλατότητα του νερού αυξάνεται. Στα νερά που ανανεώνεται το διαλυμένο οξυγόνο, όπως αυτά στο επίπεδο της θάλασσας, οι τιμές κυμαίνονται από 15 mg/l σε θερμοκρασία 0°C

μέχρι 8 mg/l σε θερμοκρασία 25°C. Οι συγκεντρώσεις σε ρυπασμένα νερά είναι συνήθως ≤ 10 mg/l [76].

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 3 , η ανώτερη τιμή DO (11,88mg/L) σημειώθηκε στις 25/08/04 στο σημείο δειγματοληψίας «ΠΗΓΗ ΜΕΣΚΛΑ 2», ενώ η χαμηλότερη (3,6 mg l-1.) σημειώθηκε στο σημείο δειγματοληψίας «ΠΑΤΕΛΑΡΙ» στις 26/07/04. Στις πηγές Καλαμιώνα και Κολύμπα οι υψηλότερες τιμές του DO έφτασαν στα 10,92 και 10,68 mg l-1, ενώ οι χαμηλότερες πλησίασαν στα 5,25 και 8,97 ml/L αντιστοίχως .

Γενικά οι τιμές που κατεγράφησαν δείχνουν ότι τα επίπεδα της διαλυτότητας του οξυγόνου είναι οριακά (~10), με σαφή τάση προς χαμηλότερες τιμές, γεγονός που αποδεικνύει σχετικά αυξημένο βαθμό ρύπανσης.

Αξιοσημείωτο είναι ότι στα ίδια περίπου επίπεδα βρέθηκαν και οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου τόσο στον Αλιάκμονα όσο και στον Αξιό κατά το Μάρτιο του 2004. Παρόμοια ήταν και τα αποτελέσματα στον ποταμό Αλφειό κατά το έτος 1986, όπου οι τιμές που κατεγράφησαν στη θέση δειγματοληψίας Φράγμα Φλόκα ήταν 10,02 mg l-1, ενώ σε ένα άλλο σημείο του ίδιου ποταμού ήταν 5,69 mg/l.[76]

Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)

Γενικά, οι τιμές COD δε βρίσκονται σε άμεσο συσχετισμό με τις τιμές του BOD. Εντούτοις, σε δείγματα σταθερής σύνθεσης, οι τιμές των δύο παραμέτρων σχετίζονται έμμεσα: μεγάλες τιμές COD και πολύ μικρές τιμές BOD δείχνουν την παρουσία τοξικών ουσιών στα δείγματα. Το νερό στις περιπτώσεις αυτές χαρακτηρίζεται ως νεκρό νερό [77] Το όριο που ορίζει η ελληνική νομοθεσία είναι 5 mgO_2/l.

Από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά τις 15/11/2004 και 18/02/05 στο σημείο δειγματοληψίας «ΠΗΓΗ ΜΕΣΚΛΑ 1», παρατηρήθηκε μία απότομη αύξηση στην τιμή του COD από τιμές ίσες ή κατώτερες του 5 στα 18,4 mg O_2/l (Διάγραμμα 5), γεγονός που υπογραμμίζει την ακαταλληλότητα του νερού για πόση. Σε φυσιολογικά πλαίσια αυτή η αύξηση δεν δικαιολογείται, αφού το νερό διοχετεύεται στο υδρευτικό σύστημα της περιοχής. Παρομοίως, στο σημείο δειγματοληψίας «ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗ» παρατηρήθηκε ότι η τιμή του COD αυξήθηκε κατακόρυφα στα 38,9 mgO_2/l στις 5/07/04. Η υψηλή αυτή τιμή είναι αποτέλεσμα της χαμηλής στάθμης. Αξιοσημείωτο είναι η έντονη υσοσμίας που επικρατούσε κατά την συγκεκριμένη ημερομηνία στη Λίμνη Αγιά, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει κανονική ροή του νερού.

Αντιθέτως, στις πηγές Καλαμιώνα και Κολύμπα οι τιμές του COD κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα χωρίς απότομες αυξήσεις. Στις υπόλοιπες περιοχές δειγματοληψίας οι τιμές κυμάνθηκαν από <4 μέχρι 16,1 mg O_2/l.

Συγκριτικά, στον ποταμό Αλφειό, στο σημείο δειγματοληψίας Λινάρια, η τιμή του COD βρέθηκε 15 mg O_2/l την άνοιξη του 1999, ενώ κατά τη χειμερινή περίοδο του 2000 βρέθηκε μηδενική [76].

Ενεργός Οξύτητα, pH

Στο σύνολο τους, τα επιφανειακά νερά στην Ελλάδα είναι δυνατόν να θεωρηθούν αλκαλικά, λόγω της περιεκτικότητας τους σε συγκεκριμένα ποτάμια υλικά και της παρουσίας ανθρακικών μεταλλευμάτων στα γεωλογικά πετρώματα της εκάστοτε περιοχής [78]. Από την άλλη πλευρά, τα νερά που προέρχονται από πυριτικά πετρώματα έχουν ελαφρώς όξινο pH.

Όσον αφορά στη διακύμανση των τιμών pH σε φυσικά νερά, αυτές κυμαίνονται μεταξύ 6,0 και 8,5, τιμές που συμφωνούν εν γένει με τα όρια που θέτει η νομοθεσία (6,5-9.5). Εντούτοις, έχουν παρατηρηθεί περιπτώσεις νερών με χαμηλότερες τιμές pH, τα οποία όμως παρουσιάζουν μεγάλο οργανικό φορτίο. Επιπροσθέτως, υψηλότερες τιμές

έχουν καταγραφεί σε περιπτώσεις ευτροφικών νερών, υπόγειων θαλάσσιων νερών καθώς και σε νερά που προέρχονται από αλμυρές λίμνες [77]

Στην περιοχή της παρούσας έρευνας, σημειώθηκε μία σταθερή διακύμανση των τιμών pH σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας, καθ' όλο το χρόνο των μετρήσεων (Διάγραμμα 2). Οι τιμές κυμάνθηκαν από 6 έως 8,61, γεγονός που υπογραμμίζει την υπεροχή όξινων ανθρακικών αλάτων στα νερά της περιοχής [35]. Στις πηγές Μεσκλά, Καλαμιώνα και Κολύμπα, οι οποίες τροφοδοτούνται από τα Λευκά Όρη, οι τιμές του pH διακυμάνθηκαν από 6,1 μέχρι 8,4, ενώ παρέμειναν σταθερές για όλο το διάστημα των δειγματοληψιών. Στα υπόλοιπα σημεία δειγματοληψίας η τιμή του pH κυμάνθηκε από 6,02 μέχρι 8,61.

Είναι ενδιαφέρον ότι, συγκριτικά με τη λεκάνη του ποταμού Κερίτη, οι αντίστοιχες τιμές που ελήφθησαν σε διάφορα σημεία δειγματοληψίας του ποταμού Έβρου κατά τη χρονική περίοδο 1999-2000 βρέθηκαν αρκετά υψηλότερες (7,9-8,6). Παρομοίως, σε δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν στον ποταμό Ευρώτα κατά το έτος 2001 έδωσαν τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 7,4-8,2. (υπουργείο αγροτικής ανάπτυξης και τροφίμων)

Θολερότητα

Στην περιοχή έρευνας, παρατηρήθηκε ότι η θολερότητα του νερού δεν ήταν σταθερή, αφού παρουσίαζε διακύμανση στις τιμές της.

Η υψηλότερη τιμή (7,4 NTU) καταγράφηκε στην περιοχή «ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗ» στις 26/07/04, γεγονός που εξηγείται αν λάβει κανείς υπόψη ότι η στάθμη του νερού ήταν πολύ χαμηλή και η παρουσία αιωρούμενων σωματιδίων ήταν αυξημένη. Παρόμοια αύξηση τιμών παρατηρείται επίσης κατά την καλοκαιρινή περίοδο, όταν η στάθμη των νερών είναι πιο χαμηλή. Στα υπόλοιπα σημεία δειγματοληψίας οι τιμές της θολερότητας κυμαίνονται από 0 έως 6,8 NTU.

Αγωγιμότητα

Η τιμή της αγωγιμότητας σε επιφανειακά νερά είναι συνήθως 2500 μS/cm στους 20 ^{0}C, ενώ για νερά δικτύου το ανώτερο όριο που ορίζει η ελληνική νομοθεσία είναι 400 μS/cm.

Στην παρούσα περιοχή έρευνας, οι τιμές της αγωγιμότητας ήταν σταθερές σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας. Οι υψηλότερες τιμές σημειώθηκαν στην Πηγή Καλαμιώνα, καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληψιών, με μέγιστη τιμή 1565 μS/cm στις 15/11/2004. Είναι πιθανόν ότι αυτές οφείλονται στην υψηλή συγκέντρωση θειικών ιόντων, η παρουσία των οποίων εξηγείται αν λάβει κανείς υπόψη την ύπαρξη γύψου στους γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής[39].

Οι χαμηλότερες τιμές αγωγιμότητας σημειώθηκαν στην πηγή Μεσκλά, ενώ παρουσίασαν σταθερότητα καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληψιών. Υψηλές τιμές αγωγιμότητας αναμένονταν στη θέση Πλατανιάς, λόγω της εγγύτητας της περιοχής στη θάλασσα, εντούτοις αυτό δεν συνέβη. Τέλος, αξιοσημείωτο είναι ότι ενώ στο σημείο δειγματοληψίας «ΣΥΝΟΛΟ ΑΓΙΑΣ» παρατηρήθηκε μία απότομη αύξηση (902 μS/cm), όταν την ίδια ημέρα (15/11/2004), στην κορφή του ποταμού στην πηγή Μεσκλά η αγωγιμότητα είχε τιμή 264 μS/cm.

Νιτρικό Άζωτο ή NO_3-N

Τα νιτρικά ιόντα αποτελούν το τελικό στάδιο οξείδωσης της αμμωνίας και η παρουσία τους στα νερά δείχνει παλαιά ρύπανση. Όταν τα επιφανειακά νερά επηρεάζονται από ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να περιέχουν έως και 5 mg /l NO3 – N. Υψηλότερες τιμές συνιστούν ένδειξη ρύπανσης που οφείλεται είτε σε ανθρώπινα ή ζωικά απόβλητα, ή στην επιφανειακή απορροή περιοχών που λιπαίνονται.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) έχει ορίσει σαν όριο τα 10 mgNO_3-N/l για το πόσιμο νερό, πέρα από το οποίο τίθεται σε κίνδυνο η υγεία. Στις λίμνες τα επίπεδα των νιτρικών ιόντων 0,2 mgNO_3-N/l τείνουν να αφομοιωθούν με την αύξηση των φυκιών και είναι ένδειξη ευτροφικών συνθηκών.

Στην παρούσα περιοχή μελέτης, και κατά τους θερινούς μήνες, το φορτίο των νιτρικών ιόντων παρέμεινε σε σταθερό επίπεδο σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας. Οι υψηλότερες τιμές κατεγράφησαν στο σημείο «ΠΑΤΕΛΑΡΙ» καθ' όλη τη χρονική περίοδο των δειγματοληψιών με υψηλότερη τιμή 6,4 mg/l. Στο σημείο «ΦΟΥΡΝΕ» σημειώθηκε μία απότομη αύξηση κατά τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο (10,22 και 9,53 mg/l αντιστοίχως). Η αύξηση αυτή πιθανότατα οφείλεται στην παρουσία λιπασμάτων που παρασύρονται από εκπλύσεις του εδάφους από τις βροχές. Όσον αφορά στο φορτίο νιτρικών ιόντων στις τρεις πηγές Μεσκλά, Καλαμιώνας, και Κολύμπα, αυτό βρέθηκε πάνω από το επιτρεπόμενο όριο (0,05 mg/l), γεγονός που πιθανότατα οφείλεται σε ρύπανση από την παρουσία αιγοπροβάτων γύρω από την περιοχή της πηγής. Η μεγαλύτερη τιμή (2,9 mgNO_3-N/l) καταγράφηκε στην πηγή Μεσκλά κατά το μήνα Νοέμβριο.

Σε αντίστοιχες δειγματοληψίες που πάρθηκαν από διάφορα σημεία του ποταμού Πηνειού, οι τιμές των νιτρικών ιόντων στα επιφανειακά νερά ήταν σχετικά υψηλότερες από αυτές της παρούσας έρευνας, αφού έφτασαν στα 17 mg/l κατά τους θερινούς μήνες, 11mg/l κατά τους χειμερινούς και 9 mg/l κατά την άνοιξη. Είναι ενδιαφέρον ότι παρόμοια αύξηση τιμών κατά τους θερινούς μήνες σημειώθηκε τόσο στον ποταμό Αλφειό, όσο και στους ποταμούς Κοιλιάρη και Ταυρωνίτη στον Νομό Χανίων [47].

Αμμωνιακά Ιόντα

Μη μολυσμένα νερά περιέχουν μικρές ποσότητες αμμωνίας και αμμωνιακές ενώσεις, συνήθως <0,1mg NH_4-N/l. Στα επιφανειακά νερά οι συγκεντρώσεις της συνολικής αμμωνίας που συνήθως μετρώνται είναι μικρότερες από 0,2 mg /l αζώτου, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να πλησιάσει τα 2–3 mg NH_4-N/l. Υψηλότερες συγκεντρώσεις μπορεί να είναι ένδειξη οργανικής μόλυνσης από οικιακά λύματα, βιομηχανικά απόβλητα και επιφανειακή απορροή λιπασμάτων [75]. Η υψηλότερη συγκέντρωση ιόντων αμμωνίου στο πόσιμο νερό σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία είναι 0,5 mg NH_4-N/l.

Σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας της λεκάνης του ποταμού Κερίτη η συγκέντρωση των αμμωνιακών ιόντων βρέθηκε σε χαμηλά επίπεδα, γεγονός που υποδηλώνει ότι το νερό μπορεί να θεωρηθεί πόσιμο. Συγκεκριμένα, στις πηγές Μεσκλά και Κολύμπα τα αμμωνιακά ιόντα είναι χαμηλότερα από το όριο που ορίζει η ελληνική νομοθεσία σε όλες τις δειγματοληψίες που πραγματοποιήσαμε. Στην πηγή Καλαμιώνα παρατηρήθηκε μία μικρή αύξηση στη συγκέντρωση των αμμωνιακών ιόντων με τιμή 1 mg/l μόνο κατά τους μήνες Οκτώβριο και Δεκέμβριο, ενώ στο σημείο «ΠΑΤΕΛΑΡΙ» σημειώθηκε μία απότομη αύξηση (2,86 mg/l) στις 05/07/204. Τέλος, στο σημείο Υπερχείλιση καταγράφηκε μία απότομη αύξηση της συγκέντρωσης που πλησίασε τα 1,7 mg/l.

Συγκριτικά, στον ποταμό Αχελώο η μέγιστη συγκέντρωση των αμμωνιακών ιόντων πλησίασε στα 0,42 mg/l κατά τη περίοδο 1981-1994, ενώ στον ποταμό Πηνειό η μέγιστη συγκέντρωση ήταν 0,71 mg/l κατά την ίδια χρονική περίοδο [76]

Θειικά ιόντα

Τα θειικά ιόντα αποτελούν συστατικά πολλών ορυκτών και γι΄αυτό εμπεριέχονται σε μεγάλες ποσότητες στα φυσικά νερά. Επιπλέον, ενυπάρχουν στην ατμόσφαιρα σαν δευτερογενής ρύπος και αποτίθενται στο έδαφος ή στα νερά σαν όξινη βροχή. Σύμφωνα με την Ελληνική Νομοθεσία η ανωτάτη τιμή της συγκέντρωσης των θειικών ιόντων είναι 250 mg/L [55]. Οι συγκεντρώσεις των θειικών ιόντων στα φυσικά νερά κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 2 και 80 mg/l, αν και κοντά σε βιομηχανικές εκροές αποβλήτων ή σε άνυδρες περιοχές με θειικά ορυκτά (όπως γύψο) μπορούν να ξεπεράσουν τα 1.000 mg/l. Υψηλά επίπεδα θειικών (>400 mg/l) καθιστούν τη γεύση του νερού δυσάρεστη.

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων της περιοχής μελέτης έδειξαν ότι ο ποταμός είναι επιβαρημένος με θειικό φορτίο στην Πηγή Καλαμιώνα, όπου και η τιμή συγκέντρωσης των θειικών ιόντων έφτασε τα 615 mg/l, πιθανότατα λόγω των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής. Επιπροσθέτως, πάνω από το επιτρεπτό όριο βρέθηκαν και τα σημεία Αγιά σύνολο, Υπερχείλιση, Γέφυρα Πατελάρι και Πλατανιάς. Αξιοσημείωτο είναι ότι στην αρχή του ποταμού το φορτίο δεν ξεπερνάει την τιμή 250mg/l. Έτσι μπορούμε να υποθέσουμε ότι η επιβάρυνση του ποταμού γίνεται από το σημείο Πηγή Καλαμιώνα και συνεχίζει στα υπόλοιπα σημεία μέχρι την έξοδο του ποταμού στη θάλασσα.

Αντίθετα, σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο ποταμό Αλφειό τα θειικά ιόντα βρέθηκαν σε χαμηλά επίπεδα με τιμή 45mg/l. Παρομοίως, στον ποταμό Πηνειό τα θειικά ιόντα βρέθηκαν 28 τόσο κατά τους θερινούς όσο και τους χειμερινούς μήνες, ενώ την άνοιξη έφτασαν τα 15 mg/L [76]

Φωσφορικά ιόντα

Οι φυσικές πηγές του φωσφόρου είναι κυρίως η διάβρωση των φωσφορούχων πετρωμάτων και η αποσύνθεση της οργανικής ύλης [42]. Άλλες πηγές μπορούν να θεωρηθούν τα οικιακά απόβλητα, ειδικά αυτά που περιέχουν απορρυπαντικά, βιομηχανικά απόβλητα και λιπασματούχες απορροές. Ο φώσφορος σχετίζεται με τα οργανικά και ανόργανα συστατικά των ιζημάτων που μπορούν να κινητοποιηθούν από βακτήρια και να απελευθερωθούν στη στήλη του νερού. Στα περισσότερα φυσικά επιφανειακά νερά, ο φώσφορος κυμαίνεται από 0,005 έως 0,02 mg /l PO42- – P. Συγκεντρώσεις χαμηλές έως 0,001 mg /l PO_4^{-2} – P είναι δυνατόν να βρεθούν σε καθαρά νερά, ενώ υψηλές όπως 200 mg /l PO_4^{-2} – P σε κλειστά αλμυρά νερά. Συγκεντρώσεις φωσφόρου 0,2 mg/l είναι συνηθισμένο φαινόμενο, ενώ συγκεντρώσεις >0,5 mg/l υποδηλώνουν την πιθανότητα ύπαρξης ευτροφισμού [79].

Στις τρεις πηγές της παρούσας μελέτης η συγκέντρωση των φωσφορικών ιόντων ήταν αρχικά μηδενικές. Μία μικρή αύξηση σημειώθηκε με την πάροδο του χρόνου, ενώ η υψηλότερη τιμή (0,36 mg/l) σημειώθηκε στην πηγή Καλαμιώνα στις 18/02/2005.

Όσον αφορά στα επιφανειακά νερά, η μεγαλύτερη συγκέντρωση φωσφορικών ιόντων παρουσιάζεται στο σημείο «ΦΟΥΡΝΕΣ» με τιμή 2,3mg/L, κατά τον πρώτο μήνα δειγματοληψίας. Ακόμα, αύξηση των ιόντων παρατηρείται ξανά στις 18/02/05, αλλά αυτή τη φορά στο σημείο «ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗ» με τιμή 1,8mg/L. Στα υπόλοιπα σημεία η μεταβολή της συγκέντρωσης των ιόντων ήταν σταθερή.

Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε για τον ποταμό Ταυρωνίτη, η αυξημένη τιμή σε ένα από τα σημεία δειγματοληψίας αποδόθηκε σε γεωργική ρύπανση από εκροές λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων [49].

Στο ποταμό Πηνειό κατά τα έτη 1981 -1993 η μέγιστη συγκέντρωση των φωσφορικών ιόντων βρέθηκε 0,220 mg/l. Σε υψηλότερα επίπεδα βρέθηκαν τα φωσφορικά ιόντα στο ποταμό Άρδα με τιμή 1,47 mg/l κατά την περίοδο 1983-1984, ενώ στο ποταμό Νέστο, κατά την χρονική περίοδο 1971-1994, οι τιμές ήταν 0,34 mg/l [76].

Χλωριούχα Ιόντα

Το χλώριο εισέρχεται στα επιφανειακά νερά με τη ατμοσφαιρική εναπόθεση αεροζόλ από τον ωκεανό, μέσω της διάβρωσης κάποιων ιζηματογενών πετρωμάτων, κυρίως εναποθέσεων αλατούχων πετρωμάτων, με τις βιομηχανικές και αστικές εισροές αποβλήτων και τέλος με την επιφανειακή απορροή γεωργικών εκτάσεων και δρόμων. Το αλάτισμα των δρόμων κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην αύξηση των συγκεντρώσεων στα επιφανειακά και υπόγεια νερά. Η ενδεικτική τιμή που ορίζει η νομοθεσία είναι 250 mg Cl^-/l.

Η μεγαλύτερη συγκέντρωση ιόντων χλωρίου παρατηρήθηκε στις 05/07/2004, στο σημείο «ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗ», με τιμή 52,4. Είναι ενδιαφέρον ότι την ίδια ημερομηνία σημειώθηκε επίσης και η μεγαλύτερη τιμή COD, γεγονός που οφείλεται στη χαμηλή στάθμη του νερού και στην αύξηση του οργανικού φορτίου.

Στην πηγή Μεσκλά οι τιμές των ιόντων είχαν αυξητική τάση με το πέρασμα του χρόνου. Ενώ η αρχική τιμή ήταν 17,016 mg Cl^-/l, η τελευταία δειγματοληψία έφτασε 22,68 στις 18/02.2005. Τέλος, είναι ενδιαφέρον ότι στην πηγή Καλαμιώνα παρατηρείται παράλληλη μεταβολή της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου και της αγωγιμότητας.

Σκληρότητα

Νερό με σκληρότητα μέχρι και 500 mg $CaCO_3$/l μπορεί να θεωρηθεί πόσιμο, εντούτοις οι κανονικές τιμές του πόσιμου νερού κυμαίνονται μεταξύ 80 και 150 mg $CaCO_3$/ [80].

Οι τιμές της σκληρότητας του νερού στην περιοχή έρευνας κυμάνθηκαν από 120 έως 1000 mg $CaCO_3$/. Η υψηλότερη τιμή σημειώθηκε στην πηγή Καλαμιώνα (1000 mg $CaCO_3$/) , η αγωγιμότητα την ίδια ημερομηνία βρέθηκε 1020 mg $CaCO_3$/l. Στις πηγές Μεσκλά και Καλαμιώνα η σκληρότητα δεν παρουσίασε απότομες μεταβολές, ενώ και στα δύο σημεία σημειώθηκαν οι υψηλότερες τιμές στις 18/02/2005. Παρόμοια εικόνα καταγράφηκε και σε όλα τα υπόλοιπα σημεία δειγματοληψίας. Όπως δείχνει το διάγραμμα 9, η μεγαλύτερη τιμή σκληρότητας του νερού εμφανίζεται στο σημείο «ΠΛΑΤΑΝΙΑΣ» στις 18/02/2005. Η χαμηλότερη τιμή σε αυτό το σημείο ήταν 864, γεγονός που υποδηλώνει την ακαταλληλότητα του νερού. Όλα τα άλλα σημεία μπορούν να θεωρηθούν ως κατάλληλα για παροχή πόσιμου νερού.

Μικροβιολογικό φορτίο

Τα ολικά κολοβακτηρίδια, τα κοπρανώδη κολοβακτηρίδια και οι εντερόκοκκοι θεωρούνται μικροβιολογικοί δείκτες. Οι μικροβιολογικοί δείκτες πρέπει να εφαρμόζονται κατά την ανάλυση όλων των τύπων νερού, ενώ η συγκέντρωση τους θα πρέπει να είναι ανάλογη με το βαθμό μόλυνσης. Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία πρέπει να περιέχονται 0 αποικίες βακτηρίων ανά 100 ml νερού. Σύμφωνα με τον πίνακα 15, νερά που παρουσιάζουν από 1000-5000 αποικίες κολοβακτηριδίων θεωρούνται νερά μέτρια μολυσμένα, ενώ νερά με τιμές μεταξύ 10.000- 50.000 θεωρούνται νερά έντονα ρυπασμένα.

Στη λεκάνη του ποταμού Κερίτη το μεγαλύτερο μικροβιολογικό φορτίο εμφανίζεται στη θέση «ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗ». Είναι μάλιστα χαρακτηριστικό ότι στην ίδια θέση η μέτρηση του φορτίου κατέστη αδύνατη, λόγω της πυκνότητας των αποικιών. Οι αποικίες των εντερόκοκκων έφτασαν τις 200 ανά 100ml στις 14/10/2004. Στο σημείο «ΠΑΤΕΛΑΡΙ» σημειώθηκε ο μεγαλύτερος αριθμός αποικιών εντερόκοκκων, με τιμή 700

αποικίες ανά 100 ml, κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Η ίδια αύξηση εμφανίζεται και στα ολικά κολοβακτήρια (2000 αποικίες ανά 100ml).

Το μεγαλύτερο φορτίο ολικών κολοβακτηρίων παρατηρήθηκε στις 26/07/2004 στα σημεία «ΑΓΙΑ ΣΥΝΟΛΟ» και «ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗ» με 20.000 και 30.000 αποικίες ανά 100 ml αντιστοίχως, γεγονός που οφείλεται και στη χαμηλή ροή του νερού κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Την ίδια ημερομηνία, στα παραπάνω σημεία δειγματοληψίας, οι τιμές των E-coli βακτηρίων έφτασαν τις 1400 αποικίες ανά 100ml και 5200 αποικίες ανά 100 ml αντίστοιχα. Είναι φανερό ότι η επιβάρυνση του ποταμού ξεκινάει από τα δύο αυτά σημεία και μεταφέρεται στην έξοδό του, όπου στο σημείο «ΠΛΑΤΑΝΙΑ» οι αποικίες βρέθηκαν 2500. Την ίδια ημερομηνία το COD σημείο «ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗ» βρέθηκε 15,8 mg/l.

Το μικρότερο μικροβιολογικό φορτίο από όλα τα σημεία δειγματοληψίας νερού πηγών παρατηρήθηκε στην Πηγή Κολύμπα. Από την άλλη, η αρχική ανάλυση των νερών από τις πηγές «ΜΕΣΚΛΑ 1» και «ΜΕΣΚΛΑ 2» έδωσε την εικόνα ότι ήταν κατάλληλα να χρησιμοποιηθούν για πόση. Στην συνέχεια όμως παρατηρήθηκε αύξηση του μικροβιολογικού φορτίου, παρόλο που από τις συγκεκριμένες πηγές γίνεται παροχή νερού στο χωριό. Αίτιο αυτής της αύξησης ίσως να είναι η παρουσία αιγοπροβάτων γύρω από τις πηγές. Στις 25/08/2004 επίσης σημειώθηκε απότομη αύξηση στις αποικίες των εντερόκοκκων (38 ανά 100 ml) στις ίδιες περιοχές, που δεν συνοδεύεται όμως από παράλληλη μείωση του διαλυμένου οξυγόνου. Από την άλλη,

Στην περίπτωση των ποταμών Κοιλιάρη και Ταυρωνίτη, η αύξηση του μικροβιολογικού φορτίου κατά τους θερινούς μήνες αποδόθηκε σε ανθρώπινα και ζωικά λύματα και απόβλητα, ενώ στην περίπτωση του ποταμού Νέστου η ρύπανση του ποταμού αποδόθηκε στους αστικούς οικισμούς και στη μη οργανωμένη απόθεση των αποβλήτων. [49]

Ο πίνακας 16 παρουσιάζει τα ***Πρότυπα ποιότητας γλυκών επιφανειακών νερών για υδροληψία πόσιμου νερού*** και τα αποτελέσματα των μετρήσεων που πραγματοποιήσαμε. Μετά τη σύγκριση των τιμών ανάλυσής μας με τις πρότυπες τιμές, ακολούθησε η κατάταξη των νερών της λεκάνης Κερίτη σε μια από τις τρεις κατηγορίες Α1, Α2, Α3. Έτσι, σύμφωνα με τη σύγκριση, οι πηγές Καλαμιώνας, Μεσκλά και Κολύμπα κατατάσσονται στην κατηγορία Α1, δηλαδή νερά μετά από απλή φυσική επεξεργασία και απολύμανση, ιδίως με ταχεία διύλιση και απολύμανση.

Όπως όλοι γνωρίζουμε τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών έχουν δημιουργηθεί για να βοηθήσουν τον άνθρωπο να λάβει σωστότερες αποφάσεις σε πολλούς τομείς. Η χαρακτηριστική δυνατότητα που παρέχουν τα Γ.Σ.Π. είναι αυτή της σύνδεσης της χωρικής με την περιγραφική πληροφορία (η οποία δεν έχει από μόνη της χωρική υπόσταση). Ένα Γ.Σ.Π. δεν χρησιμοποιείται μόνο για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και την προστασία και την παρακολούθηση του περιβάλλοντος.

Η δημιουργία επιφανειών με τη βοήθεια αλγόριθμων έχει εφαρμογή σε πολλούς τομείς. Ένα παράδειγμα είναι η εφαρμογή σε κλιματολογικά στοιχεία για την περιοχή της Κρήτης όπου δημιουργήθηκαν επιφάνειες με τη μέθοδο Kriging για τη μέση μηνιαία μεταβολή της βροχόπτωσης για τις περιόδους 1990-2000 και της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας. Επιπρόσθετα έχουν γίνει εφαρμογές

- σε σεισμολογικά δεδομένα για να απεικονιστεί η σεισμική επικινδυνότητα μιας περιοχής
- σε μετρήσεις για τη μόλυνση του ατμοσφαιρικού αέρα και τη λήψη μέτρων για την αντιμετώπιση της ρύπανσης.
- σε μετρήσεις για τις ιδιότητες των ορυκτών μιας περιοχής.

Με τη βοήθεια των ΓΣΠ μπορούμε να έχουμε μία ευρύτερη εικόνα της μεταβολής της παραμέτρου που μελετάμε σε χωρικό, ποιοτικό και ποσοτικό επίπεδο. Εύκολα μπορούμε να διαπιστώσουμε την έξαρση ή την ύφεση της παραμέτρου και τις περιοχές που τυχόν επηρεάζονται από τις συνέπειες της μόλυνσης. Με αυτό τον τρόπο ο υπεύθυνος φορέας μπορεί να λάβει τα κατάλληλα μέτρα για την παρακολούθηση ενός ποταμού και την πρόληψη τυχόν ρύπανσης και αποφυγής καταστροφών τόσο στη πανίδα όσο και την χλωρίδα της βιοτόπου.

Τέλος μπορούν να καθοριστούν οι αποστάσεις ασφαλείας από το ποταμό για την πρόληψη της ρύπανσης δηλαδή με κάποια κριτήρια σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία να δημιουργηθούν buffer zones οι οποίες θα απεικονίζουν τις περιοχές στις οποίες δε θα πρέπει να έχουμε βιομηχανική, κτηνοτροφική παραγωγή και απόθεση απορριμμάτων ή δημιουργία χωματερών.

Παρατηρώντας τις επιφάνειας που δημιουργήσαμε μπορούμε να φτάσουμε σε διάφορα συμπεράσματα για τη συνολική εικόνα μιας λεκάνης απορροής.

Στην υδρολογική λεκάνη του ποταμού Κερίτη, όπου πραγματοποιήθηκε η παρούσα ερευνητική εργασία, κατασκευάστηκαν οι επιφάνειες με τη μέθοδο Kriging για όλες τις παραμέτρους ποιότητας προκειμένου να προσδιοριστούν οι περιοχές-εστίες ρύπανσης ή/και μόλυνσης.

Τα επιφανειακά νερά στη λεκάνη του ποταμού Κερίτη με βάση τις συγκεντρώσεις αποικιών *E. coli*, εντερόκκοκου και ολικών κολοβακτηρίων μπορούν να θεωρηθούν επιβαρημένα με οργανικό φορτίο. Παρατηρώντας τις επιφάνειες μεταβολής που έχουν δημιουργηθεί για τα *E. coli* φαίνεται καθαρά ότι στις 7 από τις 12 δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν στη θέση «ΦΟΥΡΝΕ» παρουσιάζονται αυξημένα ποσοστά οργανικού φορτίου. Αντίθετα, οι πηγές Μεσκλά 1 και Μεσκλά Πλάτανος, δεν παρουσιάζουν έντονες αποκλίσεις του μικροβιολογικού φορτίου, ενώ διατηρούν τα ποσοστά αυτού σε χαμηλά επίπεδα. Αυτό μπορεί να μας οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι η φόρτιση στο σημείο δειγματοληψίας «ΦΟΥΡΝΕ» είναι τοπικής κλίμακας και προέρχεται από ανθρωπογενείς παράγοντες, αφού το συγκεκριμένο σημείο βρίσκεται εντός κατοικημένης περιοχής. Επιπρόσθετα παρατηρούμε ότι δεν έχουμε μεταφορά του οργανικού φορτίου στην έξοδο του ποταμού, φαινόμενο που ενισχύει την άποψη ότι η επιβάρυνση είναι τοπική.

Τα παραπάνω φαίνεται να ενισχύονται κατά την θερινή περίοδο. Κατά τη χειμερινή περίοδο έχουμε μεταφορά του μικροβιολογικού φορτίου στο σημείο δειγματοληψίας «ΠΑΤΕΛΑΡΙ». Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στις βροχοπτώσεις οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της

ροής του ποταμού και τη μετακίνηση του οργανικού φορτίου από τα ορεινά προς τις πεδινές περιοχές.

Γενικά, οι πηγές που μελετήθηκαν μπορεί να θεωρηθούν ελάχιστα έως καθόλου επιβαρημένες από οργανικό φορτίο. Μικρή αύξηση του μικροβιολογικού φορτίου παρατηρείται στις πηγές Μεσκλά 1 και Μεσκλά Πλάτανος κατά τη θερινή περίοδο – φθινοπωρινή περίοδο (Οκτώβριο-Νοέμβριο) η οποία ενδεχομένως να οφείλεται στην γενικότερη επιβάρυνση του περιβάλλοντος λόγω κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων στις περιοχές ανάντι των πηγών. Αυτή η μικρή αύξηση του μικροβιολογικού φορτίου φαίνεται να δικαιολογείται πλήρως από μία παράλληλη αύξηση που παρατηρείται στις συγκεκριμένες θέσεις τους ίδιους μήνες στα επίπεδα του BOD.

Όσον αφορά τα θρεπτικά συστατικά (αμμωνιακά ιόντα, φωσφορικά ιόντα και νιτρικά ιόντα) παρατηρείται μία παράλληλη μεταβολή τους κατά τους θερινούς μήνες στο σημείο «ΠΑΤΕΛΑΡΙ», ενώ κατά τη χειμερινή περίοδο η επιβάρυνση των θρεπτικών συστατικών περιορίζεται κυρίως στα νιτρικά ιόντα. Η αύξηση αυτή ενδεχομένως να οφείλεται στη μεταφορά των λιπασμάτων από τις γύρω καλλιεργήσιμες εκτάσεις από τα νερά του ποταμού Κερίτη. Οι παραπάνω παρατηρήσεις ενισχύονται από τις επιφάνειες παρεμβολής, οι οποίες παρουσιάζουν επίσης μία τάση αύξησης των νιτρικών ιόντων κατά την χειμερινή περίοδο στην κοίτη του ποταμού Κερίτη, στο σημείο δειγματοληψίας «ΠΛΑΤΑΝΙΑ». Αντίθετα, οι πηγές Μεσκλά 1, Μεσκλά Πλάτανος, Κολύμπα και Καλαμιώνας μπορεί να θεωρηθούν ότι είναι ελάχιστα εμπλουτισμένες με θρεπτικά συστατικά.

Η πηγή Καλαμιώνα παρουσιάζει μία σταθερή εικόνα με πολύ υψηλά επίπεδα της αγωγιμότητας σε όλες τις περιόδους δειγματοληψίας, σε αντίθεση με όλες τις υπόλοιπες θέσεις δειγματοληψίας. Είναι αξιοσημείωτο ότι στην συγκεκριμένη θέση η αύξηση της τιμής της αγωγιμότητας συνοδεύεται με μία αύξηση της σκληρότητας και της συγκέντρωσης των θειικών ιόντων. Το πιο πιθανό είναι ότι τα αυξημένα αυτά επίπεδα οφείλονται στους γεωλογικούς σχηματισμούς που εκτείνονται στην περιοχή μελέτης.

Η χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών επέτρεψε τη γρήγορη και εύκολη διαπίστωση της κατάστασης της λεκάνης Κερίτη όσον αφορά την ποιότητα του νερού στις πηγές και στα επιφανειακά νερά. Με τη χρήση των ΓΣΠ έχουμε τη δυνατότητα για αντικειμενική χωρική ανάλυση με συγκεκριμένα κριτήρια και τη μελέτη της ανθρώπινης παρέμβασης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. http://www.blackstate.gr/Water.htm
2. www.kepka.org/Grk/Info/Inveroment/inv005.htm
3. http.ga.water.usgs.gov/edu
4. Βικιπαίδεια, ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια
5. Gleick, P. H., 1996: Water resources. In Encyclopedia of Climate and Weather, ed. by S. H. Schneider, Oxford University Press, New York, vol. 2, pp.817-823
6. Κουτσογιάννης Δ. και Ξανθόπουλος Θ., *Τεχνική Υδρολογία*, Έκδοση 3, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999. Η επιφανειακή και η υπόγεια συνιστώσα απορροής αναφέρονται στην έξοδο προς τη θάλασσα.
7. http://www.focusmag.gr/articles/view-article.rx?oid=1675
8. www.waterquality.com
9. http://www.unep.org/vitalwater/14.htm
10. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Η Οδηγία - Πλαίσιο περί Υδάτων: Αντλήστε από αυτή Λουξεμβούργο:Γραφείο Επίσημων δημοσιεύσεων των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων 2002, σελ 12.
11. http://www.unep.org/vitalwater/15.htm Word Resource 2000-2001 People & Ecosystems, The fraying Web of Life, Word Resources Institute
12. http://health.in.gr/environ/Article.asp?ArticleId=18445&CurrentTopId=18436&IssueTitle=%D4%EF+%D0%E5%F1%E9%E2%DC%EB%EB%EF%ED+%EC%E1%F2
13. « Ελληνικοί Υγρότοποι » του Μουσείου Γουλανδρή φυσικής Ιστορίας- ελληνικού Κεντρου βιοτόπων –Υγροτόπων , Εκδόσεις Εμπορικής Τράπεζας.
14. www.minenv.gr , Ελληνικοί βιότοποι, πρόγραμμα Natura 2000
15. www.ekby.gr/ekby/el/Greek_Wetlands_main_el.html
16. «Η σημασία των τεχνητών υγρότοπων της Κρήτης για την βιοποικιλότητα με έμφαση στην Ορνιθοπανίδα», Ρετάκης Μιχάλης, Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης, Πανεπιστήμιο Κρήτης
17. Οδηγία 92/43/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21. 5. 1992 για τη διατήρηση των φυσικών οικοτόπων καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας (Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων , Αριθ. L 206/7/1992)
18. Malakou, M. & Katsadorakis, G., 1992. Past and present situation of the wetlands of Crete with special reference to their birds. Biologia Gallo-Hellenica 19 (2): 59-72 (143-156).
19. Μαραγκού Π. και Αντζιού, 2001, Ελληνικοί Υγρότοποι: Παρόν και Μέλλον. WWF Ελλάς.
20. Ζαλίδης, Χ. Γ. & Α. Λ. Μαντζαβέλας (Συντονιστές Έκδοσης), 1994. Απογραφή ελληνικών Υγρότοπων ως φυσικών πόρων (Πρώτη Προσέγγιση). Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγρότοπων (ΕΚΒΥ). xviii + 587 σελ.
21. Dafis S., Eva Papastergiadou, K. Georghiou, D. Babalonas, T. Georgiadis, Maria Papageorgiou, Thalia Lazaridou & Vasiliki Tsiaoussi. 1996. Directive 92/43/Eec The Greek ‘‘Habitat’’ Project Natura 2000: An Overview. Life Contract B4-3200/94/756, Commission of the European Communities DG XI, The Goulandris Natural History Museum – Greek Biotope/Wetland Centre. 917 p.].
22. Οι υγρότοποι της Κρήτης, Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης (2001).
23. Οικονομίδου, Ε. & Συνεργάτες, 1988: Εντοπισμός και μελέτη των υγροβιότοπων και άλλων σημαντικών για την ορνιθοπανίδα βιοτόπων της Κρήτης. Τελική Έκθεση τεύχος 1. ΠανεπιστήμιοΠάτρας. Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και .ημοσίων Έργων.
24. Παπαθεοδώρου, Φ. & Συνεργάτες, , 1994, Τεχνικοοικονομική μελέτη έργων για την προστασία της λίμνης Αγιάς και ανάδειξη του βιοτόπου της, Περιφέρεια Κρήτης.

25. Δρετάκης, Μ., 1999: Η ορνιθοπανίδα των μικρών υγροτόπων: Ένα εργαλείο για την περιβαλλοντική εκπαίδευση. Η περίπτωση της λίμνης Αγιάς Χανίων. Αναφορά σε σεμινάριο επιμόρφωσης εκπαιδευτικών της .διεύθυνσης δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Χανίων.
26. Πρόγραμμα: Life δυτικής Κρήτης «διαχείριση και προστασία απειλούμενων βιότοπων της δυτικής Κρήτης με οικοτόπους και είδη προτεραιότητας» Life Contract B4-3200/95/850, Commission of the European Communities DG XI, 1998, Οργανισμός Ανάπτυξης δυτικής Κρήτης, Πανεπιστήμιο Κρήτης / Τμήμα Βιολογίας, Μεσογειακό Αγρονομικό Ινστιτούτο Χανίων, Κοινότητα Βάθης Χανίων, Κοινότητα Γραμβούσας Χανίων, Κοινότητα Αγιάς Χανίων, Κοινότητα Γεωργιούπολης Χανίων & Κοινότητα Ασώματου Ρεθύμνου.
27. Καραγιάννης Αθ. «Η καταστροφή των υγρότοπων», Ιούνιος 1998 Οικοενημέρωση, τεύχος 5.
28. www.gnto.gr/pages.php?pageID=818&langID=1
29. www.clab.edc.uoc.gr/seminar/MNEM/ypogeia.htm
30. βννηξη
31. www.waterinfo.gr/eedyp/Paros_papers/antonopoulos_b.pdf
32. http://gym-pteleou.mag.sch.gr/drasthriothtes/piges.htm
33. www.asda.gr.gym8per/Programes/water/water6.htm
34. www.itia.ntua.gr/nikos/oikologia/diafaneies_ripansi_nerou.doc
35. Κουσουρής Θ. 1998 « Το νερό στη Φύση , στην Ανάπτυξη, στην Προστασία του Περιβάλλοντος»,Μονογραφία Θαλάσσιων επιστημών,
36. http://www.chaniaperf.gr/synedrio/%CE%95%CE%99%CE%A3%CE%97%CE%93%CE%97%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3/5th%20sinedria/patrelakis.doc
37. http://www.nhmc.uoc.gr/Wetlands/News/Greek/Newsgr.htm
38. Βοζινάκης Κ., Κουγιάννη Στ. «Υδατικοί Πόροι Νομού Χανίων & Διαχείριση τους», Διεύθυνση Εγγείων Βελτιώσεων, Ν. Α. Χανίων, www.nax.gr/synedrio/ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ/5th%20sinedria/vozinakis.doc
39. Μουντράκης Μ. Δ., «Γεωλογία της Ελλάδας»
40. «Μελέτη Υδρολογικής Λεκάνης Κερίτη» Διεύθυνση Εγγείων Βελτιώσεων, Ν. Α. Χανίων
41. http://www.oadyk.gr/content/view/70/27/
42. Ζανάκη Κ., 1996: "Έλεγχος Ποιότητας Νερού" Εκδ. "ΙΩΝ" Αθήνα 2001.
43. www.eng.ucy.ac.cy/GAIA/GR/181/Notes11.pdf
44. http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/acidity.htm
45. http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/electric.htm
46. http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/oxygen.htm
47. Καλιμέρη Μ., «Έλεγχος ποιότητας νερών Ποταμών Κοιλιάρη και Ταυρωνίτη» Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Κρήτης , Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος, Χανιά.
48. Κουϊμτζή Θ., Φυτιάνου Κ., Σαμαρά-Κωσταντίνου Κ., «Χημεία περιβάλλοντος», Εκδόσεις University Studio Press, 1998.
49. http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/nutrients.htm
50. www.eng.ucy.ac.cy/GAIA/GR/181/Notes9.pdf
51. http://www.merck.de/servlet/PB/menu/1168900/1168900.html
52. Σταυριανουδάκης Στέφ. «Έλεγχος ποιότητας νερού κολύμβησης» Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Κρήτης, Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος, Χανιά.
53. Τσιούρης Ε. Σωτήριος, «Θέματα Προστασίας Περιβάλλοντος», Εκδόσεις Γαρταγάνη, 2001.
54. www.geocities.com/jkostaras/gis
55. Burrough, P.A., McDonnell, RA, 1998. Principles of Geographic Information Systems, Oxford : Oxford University Press
56. www.geoapeikonisi.gr
57. www.diakinotiki.gr/ch2_2.html#

58. Καλύβας Διον., «Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών στη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων», Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος Πολυτεχνική Σχολή, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.
59. Αλεξάκης Δ.,2003, «Διαχρονική Παρακολούθηση του όρους Καμήλα και της ευρύτερης περιοχής, με τη βοήθεια της Τηλεπισκόπισης & Γ.Σ.Π.» Μεταπτυχιακή εργασία, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο,
60. http://www.geo.auth.gr/656/
61. Τοπούζη Σ., «Διερεύνηση του αμυντικού δικτύου της Μαντινικής στην Αρκαδία Πελοποννήσου», Μεταπτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Τμήμα Αρχαιολογίας & Ιστορίας
62. www.gis.com/cartography
63. www.innovativegis.com/basis/primer/uncertain.htl
64. www.gis.com/data/spatial_data
65. Γκουρού Ανθ., «Εφαρμογή Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών στη διαχείριση των αρχαιολογικών μνημείων της ευρύτερης περιοχής της Ιτάνου (Α. Κρήτη), Μεταπτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Τμήμα Αρχαιολογίας & Ιστορίας
66. «Εισαγωγή στο περιβάλλον του ESRI ArcGIS 9», Σημειώσεις σεμιναρίου, Εργαστήριο Γεωφυσικής–Δορυφορικής Τηλεπισκόπισης & Αρχαιοπεριβάλλον, ΙΤΕ.
67. Ruggles C., 1992, “Abstract Data Structures for GIS applications in archeology” CAA 91, British Archeological Reports, International Series S577.
68. Heywood- Cornelius- Carver 1998: Heywood I., Cornelious S. & Carver St., An introduction to Geographical Information Systems, Longman, New York .
69. Wheatley D, Gillings M. 2002, Spatial Technology and Archeology, The Archeological applications of GIS .
70. Παράρτημα V, Οδηγία 2000/60
71. ΚΥΑ 46399-1352-86 (ΦΕΚ 438 τΒ 86)
72. www.deyax.org.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=26&Itemid=84
73. www.microlab.gr
74. Παππά Γ., 2001, Υγειονομική σημασία των χημικών παραμέτρων στο πόσιμο νερό», http://www.waterinfo.gr/eedyp/Paros_papers/pappa_g.pdf.
75. Μηνασίδου Κ., «Μεταβολή της ποιότητας του νερού κατά την ταμίευση», Μεταπτυχιακή εργασία Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Θεοφράστειο Πρόγραμμα, Μυτιλήνη Οκτ. 2005.
76. Υπουργείο Γεωργίας
77. Φυτιάνος Κ., Σαμαρά-Κωσταντίνου Κ., Κουϊμτζής Θ., Βουτσά Δ., «Έλεγχος Ρύπανσης Περιβάλλοντος», University Studio Press 2004.
78. Skoulidis N.T., Bertahas I., Koussouris T.”The environmental state of freshwater resources in Greecee”, Enviromental Geology 36.(1-2), 1998.
79. www.ausetute.com.au/waterana.html
80. Δρ. Φάττα Δ., «Εισαγωγή στη Μηχανική Περιβάλλοντος» , Πανεπιστήμιο Κύπρου, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών & Μηχανικών Περιβάλλοντος.