



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ &
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΠΜΣ: ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ & ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΩΝ ΤΟΥ ΠΗΝΕΙΟΥ
ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΛΑΡΙΣΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΟΙΚΟΤΟΞΙΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

Μεταπτυχιακή Εργασία

Μιχάλης Λέλλης

ΒΟΛΟΣ, 2014



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ &
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΠΜΣ: ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ & ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΩΝ ΤΟΥ ΠΗΝΕΙΟΥ
ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΛΑΡΙΣΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΟΙΚΟΤΟΞΙΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

Μεταπτυχιακή Εργασία

Μιχάλης Λέλλης

Επίβλεψη
Α. Κούγκολος

Τριμελής Επιτροπή Αξιολόγησης:

Α. Κούγκολος
Χ. Λασπίδου
Η. Μπεριάτος

© 2014 Μ. Λέλλης (Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος)

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή του υλικού του κειμένου, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτού, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η ολοκλήρωση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας δεν θα ήταν εφικτή εάν δεν υπήρχε η συμβολή ενός σημαντικού αριθμού ανθρώπων, στο βαθμό που ο καθένας ενεπλάκη στη διαδικασία και τους οποίους θα ήθελα να ευχαριστήσω.

Καταρχήν θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Αθανάσιο Κούγκολο, Καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, ο οποίος, πραγματικά, στάθηκε δίπλα μου καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διατριβής μου, στηρίζοντας την προσπάθειά μου, σε όλα τα επίπεδα, παρέχοντας μου τις πολύτιμες και καθοριστικές παρατηρήσεις και συμβουλές του.

Ευχαριστώ τον κ. Ηλία Μπεριάτο, Καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και την κα Χρυσή Λασπίδου, Επίκουρη Καθηγήτρια του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, οι οποίοι ως μέλη της τριμελούς επιτροπής, μου παρείχαν συμβουλές και πολύτιμη επιστημονική στήριξη.

Ευχαριστώ τα μέλη του Εργαστηρίου Τεχνικής και Σχεδιασμού Περιβάλλοντος του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και συγκεκριμένα τους κ. Ευθύμιο Νταρακά, Αναπληρωτή Καθηγητή και Βασίλη Τσιρίδη, Δρ. Χημικό Μηχανικό, για την παροχή των απαραίτητων υποδομών και την άμεση συνεργασία και επικοινωνία καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας, που συνέβαλαν με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους, στην επίλυση των τεχνικών και διαδικαστικών, κυρίως, προβλημάτων που παρουσιάστηκαν.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω για το άμεσο ενδιαφέρον τους και τη συνεργασία τους κατά την διάρκεια της παρούσας εργασίας τον κ. Νικόλαο Κόκκινο, υπεύθυνο γραφείου εργαστηριακών λυμάτων της ΔΕΥΑΛ, την κα Δήμητρα Ντινούλη, Τμηματάρχη – υπεύθυνη τμήματος εργαστηρίων της ΔΕΥΑΛ, τον κ. Στέργιο Τζιτζιόβα, Διευθυντή της μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων του Τυρνάβου και τον κ. Κώστα Νικολάου, Χημικό της μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων της ΒΙΠΕ Λάρισας. Ιδιαίτερα ευχαριστώ τον κ. Σπύρο Τασόγλου, Γεωλόγο της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων του ΥΠΕΚΑ, τον Δρ. Νίκο Σκουλικίδη Βιογεωχημικό Ερευνητή Α' βαθμίδας στο ΙΕΥ του ΕΛΚΕΘΕ, για την συνεργασία και την κα Κωνσταντίνα Κολτσίδα, Μηχανικό Περιβάλλοντος της Διεύθυνσης Ανάπτυξης ΠΕ Λάρισας, για την παροχή των απαραίτητων στοιχείων και δεδομένων της περιοχής μελέτης.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους γονείς μου που με στήριξαν όλο αυτό το διάστημα και με ενθάρρυναν αρκετές φορές σ' αυτή την ακαδημαϊκή πορεία. Η ολοκλήρωση αυτής της εργασίας θα ήταν αδύνατη χωρίς την ηθική, κυρίως, συμπαράσταση που μου παρείχαν και για αυτό θα ήθελα να τους την αφιερώσω.

Μιχάλης Λέλλης

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη	1
Εισαγωγή.....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ.....	7
1.1. Η έννοια της διαχείρισης των υδατικών πόρων	7
1.2. Τα προβλήματα της διαχείρισης των υδατικών πόρων	10
1.3. Η διαχείριση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα	11
1.4. Η οδηγία πλαίσιο για τα νερά 2000/60/ΕΕ	14
1.4.1. Οι στόχοι και τα βασικά σημεία της οδηγίας 2000/60/ΕΕ.....	16
1.5. Η οδηγία 2008/105/ΕΕ «Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων».....	18
1.6. Ο νόμος 3199/2003 «Προστασία και Διαχείριση των Υδάτων» - Εναρμόνιση με την οδηγία 2000/60/ΕΕ.....	19
1.7. Η πορεία εφαρμογής της οδηγίας 2000/60/ΕΕ στην Ελλάδα.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	25
2.1. Χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων.....	26
2.1.1. Φυσικά χαρακτηριστικά.....	26
2.1.2. Χημικά χαρακτηριστικά.....	28
2.1.3. Βιολογικά χαρακτηριστικά	31
2.2. Μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων	31
2.3. Στάδια επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.....	33
2.3.1. Προκαταρκτική επεξεργασία	34
2.3.2. Πρωτοβάθμια επεξεργασία	35
2.3.3. Δευτεροβάθμια επεξεργασία.....	36
2.3.4. Τριτοβάθμια επεξεργασία	37
2.4. Οδηγίες και κριτήρια επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων	38
2.4.1. Προτεινόμενα όρια από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας	40
2.4.2. Προτεινόμενα όρια από τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας.....	44
2.4.3. Οδηγίες της Υπηρεσίας Προστασίας Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών....	47
2.4.4. Κριτήρια και πρακτικές επαναχρησιμοποίησης στην Ελλάδα.....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	55
3.1. Δημογραφικά στοιχεία – Πληθυσμός	55
3.2. Κλίμα – Μετεωρολογικά στοιχεία	56

3.3. Θερμοκρασία.....	57
3.4. Μορφολογικά – Γεωλογικά χαρακτηριστικά.....	57
3.5. Ο ποταμός Πηνειός ως ειδική περίπτωση έρευνας	58
3.6. Ανάλυση πιέσεων στο υδάτινο περιβάλλον.....	70
3.6.1. Σημειακές πηγές ρύπανσης.....	70
3.6.2. Διάχυτες πηγές ρύπανσης.....	79
3.7. Πρόγραμμα παρακολούθησης επιφανειακών υδάτων	80
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ	85
4.1. Μεθοδολογία προσδιορισμού των σημείων δειγματοληψίας	85
4.2. Περιγραφή δειγματοληψίας	86
4.3. Φυσικοχημικές αναλύσεις.....	86
4.3.1. Μέτρηση του pH.....	87
4.3.2. Μέτρηση της αγωγιμότητας.....	87
4.3.3. Μέτρηση της θολότητας	88
4.3.4. Μέτρηση των ολικών αιωρούμενων στερεών.....	89
4.3.5. Μέτρηση του ολικού αζώτου	90
4.3.6. Μέτρηση των νιτρικών	90
4.3.7. Μέτρηση των νιτρώδων	91
4.3.8. Μέτρηση της αμμωνίας.....	91
4.3.9. Μέτρηση των φωσφορικών.....	91
4.3.10. Μέτρηση του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου	91
4.3.11. Μέτρηση του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου	92
4.3.12. Μέτρηση του εξασθενούς χρωμίου.....	93
4.4. Δοκιμές οικοτοξικότητας	93
4.4.1. Πειράματα αναστολής βιοφωταύγειας με το βακτήριο <i>Vibrio fischeri</i>	93
4.4.2. Πειράματα ακινητοποίησης <i>Daphnia magna</i>	95
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	99
5.1. Καθορισμός των σημείων δειγματοληψίας.....	99
5.1.1. Χρήσεις γης.....	99
5.1.2. Αστικά λύματα.....	102
5.1.3. Βιομηχανική δραστηριότητα.....	103
5.1.4. Εσταυλισμένη κτηνοτροφία	105
5.1.5. Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων – Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων	106

5.1.6. Εξορυκτική δραστηριότητα	107
5.2. Αποτελέσματα φυσικοχημικών αναλύσεων.....	114
5.2.1. Αποτελέσματα μέτρησης του pH.....	114
5.2.2. Αποτελέσματα μέτρησης της αγωγιμότητας.....	115
5.2.3. Αποτελέσματα μέτρησης της θολότητας	116
5.2.4. Αποτελέσματα μέτρησης των ολικών αιωρούμενων στερεών.....	117
5.2.5. Αποτελέσματα μέτρησης του ολικού αζώτου	117
5.2.6. Αποτελέσματα μέτρησης των νιτρικών.....	118
5.2.7. Αποτελέσματα μέτρησης των νιτρώδων	119
5.2.8. Αποτελέσματα μέτρησης της αμμωνίας.....	119
5.2.9. Αποτελέσματα μέτρησης των φωσφορικών.....	119
5.2.10. Αποτελέσματα μέτρησης του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου	120
5.2.11. Αποτελέσματα μέτρησης του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου	121
5.2.12. Αποτελέσματα μέτρησης του εξασθενούς χρωμίου.....	122
5.3. Αποτελέσματα των δοκιμών οικοτοξικότητας.....	123
5.3.1. Αποτελέσματα ελέγχου τοξικότητας με το πείραμα αναστολής βιοφωταύγειας του βακτηρίου <i>Vibrio fischeri</i>	123
5.3.2. Αποτελέσματα ελέγχου τοξικότητας με το πείραμα ακινητοποίησης του βακτηρίου <i>Daphnia magna</i>	125
5.4. Συζήτηση.....	126
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 –ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	133
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	135

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 3.1:	Χάρτης με την υδρολογική λεκάνη απορροής του Πηνειού ποταμού.....	58
Εικόνα 3.2:	Χάρτης με την πορεία Πηνειού ποταμού στο Ν. Λάρισα.....	60
Εικόνα 3.3:	Υδρολιθολογικός χάρτης Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας...	63
Εικόνα 3.4:	Χάρτης με το δίκτυο παρακολούθησης επιφανειακών υδάτων Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας.....	82
Εικόνα 3.5:	Χάρτης με το δίκτυο παρακολούθησης επιφανειακών υδάτων στο Ν. Λάρισα.....	83
Εικόνα 4.1:	Πεχάμετρο Inolab 720.....	87
Εικόνα 4.2:	Αγωγιμότερο Inolab cond 720.....	88
Εικόνα 4.3:	Θολερόμετρο Nephla-EU.....	88
Εικόνα 4.4:	Αναλυτικός ζυγός.....	89
Εικόνα 4.5:	Διάταξη διήθησης με την κωνική φιάλη συνδεδεμένη με αντλία πίεσης.....	89
Εικόνα 4.6:	Φωτόμετρο DR 3900 μέτρησης φυσικοχημικών χαρακτηριστικών σε νερά και υγρά απόβλητα.....	90
Εικόνα 4.7:	Ειδικές φιάλες μέτρησης BOD ₅ τοποθετημένες στη συσκευή ανάδευσης.....	91
Εικόνα 4.8:	Θερμοαντιδραστήρας εταιρείας Hach-Lange (LT 200), κατάλληλος για τη χώνευση δειγμάτων.....	92
Εικόνα 4.9:	Εργαστηριακός αναλυτής Microtox Model 500.....	94
Εικόνα 4.10:	Λογισμικό MicrotoxOmni για την επεξεργασία των μετρήσεων του πειράματος Microtox.....	94
Εικόνα 4.11:	Ειδική διάφανη πλακέτα με τις κυψελίδες.....	96
Εικόνα 5.1:	Χάρτης με τις χρήσεις γης της λεκάνης απορροής του Πηνειού ποταμού.....	100
Εικόνα 5.2:	Χάρτης με τις μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στο Ν. Λάρισα.....	103
Εικόνα 5.3:	Χάρτης με την κατανομή της βιομηχανικής δραστηριότητας στο Ν. Λάρισα.....	104
Εικόνα 5.4:	Χάρτης με την κατανομή της εσταυλισμένης κτηνοτροφίας στο Ν. Λάρισα.....	105
Εικόνα 5.5:	Χάρτης με την κατανομή των ΧΥΤΑ & ΧΑΔΑ στο Ν. Λάρισα.....	107

Εικόνα 5.6:	Χάρτης με την κατανομή της υφιστάμενης εξορυκτικής δραστηριότητας στο Ν. Λάρισας.....	108
Εικόνα 5.7:	Χάρτης που απεικονίζει τα σημεία δειγματοληψίας.....	110
Εικόνα 5.8:	Σημείο δειγματοληψίας στην είσοδο του Πηνειού στην πόλη της Λάρισας.....	111
Εικόνα 5.9:	Σημείο δειγματοληψίας στην ευρύτερη περιοχή του οικισμού Μακρυχωρίου.....	111
Εικόνα 5.10:	Σημείο δειγματοληψίας στην έξοδο του Πηνειού ποταμού από την κοιλάδα των Τεμπών.....	112
Εικόνα 5.11:	Εκροή μονάδας επεξεργασίας λυμάτων της ΒΠΠΕ Λάρισας.....	112
Εικόνα 5.12^α:	Διάθεση μπαζών και απορριμμάτων στην κοίτη του Πηνειού.....	113
Εικόνα 5.12^β:	Διάθεση μπαζών και απορριμμάτων στην κοίτη του Πηνειού.....	113

Πίνακας Γραφημάτων

Γράφημα 2.1:	Γεωγραφική κατανομή των ΜΕΑΥΑ ανά υδατικό διαμέρισμα....	33
Γράφημα 5.1:	Ποσοστά χρήσεων γης Νομού Λάρισας.....	102
Γράφημα 5.2:	Αποτελέσματα μέτρησης τοξικότητας των δειγμάτων της 1ης δειγματοληψίας.....	123
Γράφημα 5.3:	Αποτελέσματα μέτρησης τοξικότητας των δειγμάτων της 2ης δειγματοληψίας.....	124

Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 2.1:	Προτεινόμενα μικροβιολογικά κριτήρια ποιότητας για χρησιμοποίηση ανακτημένων λυμάτων στη γεωργία από το WHO.....	41
Πίνακας 2.2:	Προτεινόμενα όρια για οργανικές ουσίες στο έδαφος.....	43
Πίνακας 2.3:	Προτεινόμενα όρια για μέταλλα στο έδαφος.....	44
Πίνακας 2.4:	Οδηγίες για την εκτίμηση της ποιότητας του νερού που χρησιμοποιείται για άρδευση.....	45
Πίνακας 2.5:	Όρια συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στο αρδευτικό νερό.....	46
Πίνακας 2.6:	Οδηγία της EPA για τις τρεις πιο διαδεδομένες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης.....	48
Πίνακας 2.7:	Ανώτατα όρια συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων για χρήση λυμάτων στην γεωργία κατά την EPA.....	49
Πίνακας 2.8:	Επιλεγμένα όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους.....	52
Πίνακας 2.9:	Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις επιλεγμένων μετάλλων..	53
Πίνακας 3.1:	Πληθυσμιακή εξέλιξη Ν. Λάρισας.....	56
Πίνακας 3.2:	Κύριοι ποταμοί της λεκάνης απορροής του Πηνειού ποταμού στο Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας.....	61
Πίνακας 3.3:	Κύριες λίμνες της λεκάνης απορροής του Πηνειού ποταμού στο Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας.....	62
Πίνακας 3.4:	Εγκατεστημένες βιομηχανικές μονάδες της ΒΙΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ.....	73
Πίνακας 3.5:	Επιχειρήσεις προς εγκατάσταση στη ΒΙΠΕ Λάρισας.....	74
Πίνακας 3.6:	Συνολικό ετήσιο φορτίο που απορρέει επιφανειακά στο Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας.....	80
Πίνακας 5.1:	Ονοματολογία χρήσεων γης με βάση το CORINE Land Cover 2000.....	101
Πίνακας 5.2:	Σημεία δειγματοληψίας.....	109
Πίνακας 5.3:	Αποτελέσματα μέτρησης pH των δειγμάτων.....	114
Πίνακας 5.4:	Αποτελέσματα μέτρησης της αγωγιμότητας των δειγμάτων.....	115
Πίνακας 5.5:	Αποτελέσματα μέτρησης της θολότητας των δειγμάτων.....	116
Πίνακας 5.6:	Αποτελέσματα μέτρησης νιτρικών των δειγμάτων.....	118
Πίνακας 5.7:	Αποτελέσματα μέτρησης φωσφορικών των δειγμάτων.....	120
Πίνακας 5.8:	Αποτελέσματα μέτρησης BOD ₅ των δειγμάτων.....	121

Πίνακας 5.9:	Αποτελέσματα μέτρησης COD των δειγμάτων.....	121
Πίνακας 5.10:	Παρατηρούμενα ποσοστά θνησιμότητας των νεογνών <i>Daphnia magna</i>	125

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της ποιότητας των υδάτων του Πηνειού ποταμού και των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στο Νομό Λάρισας με την εφαρμογή φυσικοχημικών και οικοτοξικολογικών αναλύσεων. Παρουσιάζεται η Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60/ΕΕ και τα στάδια επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων και γίνεται αναφορά στις πρακτικές επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα. Πραγματοποιείται ανάλυση των πιέσεων στο υδάτινο περιβάλλον, με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) και περιγραφή των μεθόδων της πειραματικής διαδικασίας.

Μέσω συγκεκριμένων φυσικοχημικών αναλύσεων και των βιοδοκιμών εξετάζεται η ποιότητα τριών σημείων δειγματοληψίας κατά μήκος του ποταμού και η ποιότητα εκροής τριών μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων του Νομού Λάρισας και πιο συγκεκριμένα της Λάρισας, της Βιομηχανικής Περιοχής της Λάρισας και του Τυρνάβου.

Η παρούσα εργασία συμβάλλει στην ανάδειξη οικολογικών προβλημάτων που προκαλούνται κυρίως λόγω της έντονης αγροτικής και βιομηχανικής δραστηριότητας στην περιοχή μελέτης, προτείνει την συστηματική εκτίμηση του ρυπαντικού φορτίου που δέχεται ο Πηνειός ποταμός και συστήνει τις οικοτοξικολογικές αναλύσεις ως απαραίτητο συμπλήρωμα των χημικών αναλύσεων. Επιπλέον, η ποιότητα των εκροών των μονάδων επεξεργασίας κρίνεται κατάλληλη για διάθεση σε υδάτινο αποδέκτη ή για επαναχρησιμοποίηση για αρδευτικούς σκοπούς καλλιεργειών.

Λέξεις κλειδιά: Φυσικοχημικές αναλύσεις, βιοδοκιμές, μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, οικολογική ποιότητα, Πηνειός ποταμός

Abstract

The subject of the present diploma thesis is to assess the water quality of Pineios river and wastewater effluent quality of the prefecture of Larissa, applying physicochemical and ecotoxicological analyzes. The Water Framework Directive 2000/60/EE and the stages of wastewater treatment process are presented as well as the practices of wastewater reuse in Greece. The analysis of pressures in the aquatic environment were estimated with the use of Geographical Information Systems (GIS) and described the methods of the experimental procedure.

The effluent quality of three sample points across the length of the river and three wastewater treatment plants operating in prefecture of Larissa (Larissa, Industrial Area of Larisa and Tirnavos) were tested with specific physicochemical analyzes and bioassays.

The current study was aiming to depict the ecological implication of the intense agricultural and industrial activity in the study area, proposed the systematic assessment of pollution load coming into the Pineios river and recommends the ecotoxicological analyzes as necessary complement to chemical analyzes. Moreover, the quality of effluent treatment plants deemed appropriate for the disposal in the receiving water or reuse for irrigation of crops.

Keywords: Physicochemical analyzes, bioassays, wastewater treatment plants, ecological quality, Pineios river

Εισαγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες η ποιότητα των υδάτινων πόρων παγκοσμίως μεταβλήθηκε σημαντικά εξ' αιτίας των διαφόρων ανθρωπίνων δραστηριοτήτων και της μη ορθολογικής χρήσης του νερού. Οι περισσότερες περιπτώσεις ρύπανσης αναπτύχθηκαν βαθμιαία μέχρις ότου έγιναν φανερές και μετρήσιμες. Η ρύπανση του νερού από παθογόνους μικροοργανισμούς είναι το κύριο πρόβλημα στις περισσότερες υποανάπτυκτες και αναπτυσσόμενες χώρες, ενώ η χημική ρύπανσή του έχει ανακύψει ως εξίσου σοβαρή απειλή για το περιβάλλον σε όλες τις χώρες με γεωργική και βιομηχανική ανάπτυξη.

Τα αστικά λύματα, τα βιομηχανικά απόβλητα και οι βροχοπτώσεις είναι οι κύριες αιτίες μεταφοράς ρύπων στους φυσικούς αποδέκτες (λίμνες, ποτάμια, θάλασσες), προκαλώντας με τον τρόπο αυτό τη μικρή ή μεγάλη μεταβολή της ποιότητάς τους. Είναι συνεπώς απόλυτη ανάγκη να υπάρχει μια συστηματική και αξιόπιστη παρακολούθηση της ποιότητας των επιφανειακών νερών μέσω κυρίως των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών τους, που δίνουν τη δυνατότητα εκτίμησης των θρεπτικών στοιχείων, των δεικτών ευτροφισμού, των ανεπιθύμητων ουσιών, των τοξικών ουσιών και των μικροβιολογικών παραμέτρων.

Ένας ολοκληρωμένος τρόπος παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτων προϋποθέτει συνδυασμό πολλών παραγόντων, όπως είναι οι φυσικοχημικοί παράγοντες και άλλες μετρήσεις βιολογικής προσέγγισης. Αυτός ο τρόπος παρακολούθησης καθιερώθηκε και από την Οδηγία - Πλαίσιο 2000/60/ΕΕ, για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων σε επίπεδο λεκάνης απορροής. Ακόμα η Οδηγία - Πλαίσιο για τα νερά αποτελεί ένα καινοτόμο και ολοκληρωμένο νομοθετικό πλαίσιο με βασικό σκοπό την ορθή διαχείριση και προστασία όλων των υδάτων (επιφανειακών, μεταβατικών, παράκτιων).

Η χώρα μας, η οποία δεν ακολούθησε την ίδια πορεία ανάπτυξης με αυτή των χωρών της βόρειας Ευρώπης, δεν αντιμετώπισε με την ίδια χρονολογική ακολουθία και ένταση παρόμοια προβλήματα ρύπανσης των επιφανειακών υδάτων της. Η συγκέντρωση του πληθυσμού σε ορισμένα αστικά κέντρα, η ευρύτατη και ανεξέλεγκτη εφαρμογή χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στη γεωργία, η ραγδαία αύξηση εισαγωγής χημικών ουσιών στο περιβάλλον, η ευρύτατη διασυνοριακή μεταφορά ρύπων και η

απουσία συστηματικής εφαρμογής μέτρων ελέγχου, έφεραν τη χώρα μας μπροστά σε προβλήματα ρύπανσης δεύτερης και τρίτης γενιάς.

Στη Θεσσαλία τις τελευταίες δεκαετίες διαταράχθηκε το οικοσύστημα από την απερίσκεπτη επέκταση υδροβόρων καλλιεργειών και την αλόγιστη χρήση και σπατάλη γλυκού νερού. Η εξοικονόμηση υδάτινων πόρων για το παρόν και το προσεχές μέλλον είναι το μείζον πρόβλημα που αντιμετωπίζει ο Θεσσαλικός κάμπος. Η κάλυψη των αυξημένων αναγκών σε νερό πρέπει να γίνει με τη σωστή διαχείριση των υφιστάμενων υδάτινων πόρων, τον περιορισμό της σπατάλης, την συντήρηση των αρδευτικών δικτύων για περιορισμό διαρροών και την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων αποβλήτων, κυρίως για αγροτική χρήση.

Με γνώμονα λοιπόν όλα τα παραπάνω εκπονήθηκε η παρούσα διπλωματική εργασία που σκοπό είχε την διερεύνηση της υφιστάμενης ποιότητας των υδάτων του Πηνειού ποταμού και των εκροών τριών μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων του Νομού Λάρισας (Λάρισας, ΒΙΠΕ Λάρισας και Τυρνάβου), με την εφαρμογή φυσικοχημικών και οικοτοξικολογικών αναλύσεων.

Πιο συγκεκριμένα στο δεύτερο κεφάλαιο εισάγεται η έννοια της ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδάτινων πόρων και αξιολογείται η ελληνική υδάτινη πραγματικότητα μέσα από τις αντικειμενικές δυσκολίες ολοκληρωμένης διαχείρισης.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία και τα στάδια επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, τα χαρακτηριστικά τους και γίνεται αναφορά στις μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων της Ελλάδας. Επίσης, παρουσιάζονται οι οδηγίες και οι κανονισμοί που έχουν εκδώσει διεθνείς οργανισμοί όπως ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO), ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας (FAO), η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών (EPA) και γίνεται αναφορά στα κριτήρια και στις πρακτικές επαναχρησιμοποίησης του νερού στην Ελλάδα, για την προστασία της δημόσιας υγείας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύονται τα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης όπως ο πληθυσμός, το κλίμα και η μορφολογική κατανομή, παρουσιάζεται το δίκτυο παρακολούθησης των επιφανειακών υδάτων και αναλύονται οι υφιστάμενες σημειακές και διάχυτες πηγές ρύπανσης.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το μεθοδολογικό πλαίσιο που ακολουθήθηκε στην παρούσα εργασία και περιγράφεται η πειραματική διαδικασία.

Στα κεφάλαια έξι και επτά γίνεται αναφορά σε προηγούμενες σχετικές έρευνες και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των πειραμάτων και τα συμπεράσματα της έρευνας.

|

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρήθηκαν σημαντικές αλλαγές στον τομέα της διαχείρισης των υδατικών πόρων. Η αλλαγή του τοπίου απαιτεί από τους επιστήμονες να μελετήσουν τις επιπτώσεις που θα έχουν τα έργα και οι κατασκευές τους στο περιβάλλον και στην κοινωνία γενικότερα.

Έτσι, η διαχείριση των υδατικών πόρων απαιτεί γνώσεις, δεξιότητες και πρακτικές που ξεπερνούν τα γνωστικά όρια ενός εξειδικευμένου επιστήμονα. Στόχος της διαχείρισης των υδατικών πόρων είναι να παρέχει επαρκούς ποσότητας και καλής ποιότητας νερό στον άνθρωπο και στο φυσικό περιβάλλον. Η δομή της σύγχρονης κοινωνίας παρουσιάζει αυξημένες ανάγκες σε νερό που οφείλονται στα σύνθετα οικονομικά χαρακτηριστικά της και τις γενικότερες απαιτήσεις της. Οι καλλιέργειες και η τροφική αλυσίδα απαιτούν νερό, τα ζώα έχουν ανάγκη από επαρκείς ποσότητες νερού και τα φυσικά υδάτινα συστήματα χρειάζονται το νερό για να διατηρήσουν τις λειτουργίες τους.

Το σύνολο των επιφανειακών και υπογείων αξιοποιήσιμων υδάτων του πλανήτη, χωρίς διάκριση στην ποιότητα ή την πιθανή χρήση, ονομάζονται υδατικοί πόροι. Από αυτούς το 60% βρίσκεται σε λίμνες, το 33% στο υπέδαφος και μόνο το 1% σε ποτάμια (το θαλασσινό νερό δεν συμπεριλαμβάνεται στα παραπάνω). Παρόλο που οι υδατικοί πόροι αποτελούν το 0.7% της συνολικής ποσότητας ύδατος της γης, οι σχετικές μελέτες υποστηρίζουν ότι θα επαρκούσε για να καλυφθούν πλήρως όλες οι ανθρώπινες ανάγκες (Σακελλαροπούλου, 2006).

1.1. Η έννοια της διαχείρισης των υδατικών πόρων

Το νερό είναι αγαθό ζωτικής σημασίας για την ανθρωπότητα και συνάμα αποτελεί αναντικατάστατη ουσία και βασικό στοιχείο για τη διατήρηση της ισορροπίας στη φύση. Οι φυσικές και χημικές του ιδιότητες στηρίζουν τους βιολογικούς κύκλους των οργανισμών που εξαρτώνται από τις κλιματικές και γεωλογικές συνθήκες της περιοχής. Αν και τα τρία τέταρτα του πλανήτη αποτελούνται από νερό που βρίσκεται σε κατάσταση δυναμικής ισορροπίας και στις τρεις φάσεις του (στερεή, υγρή, αέρια), τα αποθέματα του είναι ανομοιόμορφα κατανεμημένα όπως επίσης και οι βροχοπτώσεις.

Επιπλέον, το μισό από το πόσιμο νερό είναι υπόγειο με όλα τα προβλήματα που συνεπάγεται αυτό, ιδιαίτερα για τα βαθιά υδροφόρα στρώματα όπου η εκμετάλλευσή τους είναι ασύμφορη.

Τα προβλήματα της διαχείρισης του νερού πρέπει να διέπονται από την αρχή της αειφορίας η οποία επιδιώκει τη βέλτιστη αξιοποίηση των φυσικών πόρων χωρίς να υποβαθμίζει το περιβάλλον και να υπονομεύει το μέλλον των επόμενων γενεών.

Ο συνεχώς αυξανόμενος ρυθμός πληθυσμιακής και πολιτισμικής ανάπτυξης της γης, που μεταφράζεται σε αντίστοιχα αυξανόμενο ρυθμό υδατικών αναγκών, σε συνδυασμό με την μικρή αναλογία διαθέσιμου στον άνθρωπο νερού κάνουν ιδιαίτερα επιτακτική την ανάγκη ανάπτυξης συστημάτων ελέγχου και διαχείρισης που αποβλέπουν στη βέλτιστη διάθεση των υδατικών πόρων (Παπαμιχαήλ, 2004).

Η διαχείριση των υδατικών πόρων είναι μια πολύπλοκη και πολυδιάστατη έννοια, ο ορισμός της οποίας δεν έχει γίνει απολύτως αποδεκτός σε παγκόσμια κλίμακα. Για τον λόγο αυτό στη διεθνή βιβλιογραφία, απαντώνται περισσότεροι του ενός ορισμοί της διαχείρισης των υδατικών πόρων. Έτσι:

- Σύμφωνα με τον Νόμο 1739/1987 του Υπουργείου Βιομηχανίας Έρευνας και Τεχνολογίας, ως διαχείριση υδατικών πόρων, νοείται το σύνολο των μέτρων και των δραστηριοτήτων που πρέπει να αναπτύσσονται για την κάλυψη των αναγκών σε νερό.
- Ο Grigg (1996) ορίζει ως διαχείριση υδατικών πόρων την εφαρμογή μέτρων (κατασκευαστικών και μη) για τον έλεγχο των συστημάτων υδατικών πόρων (φυσικών και τεχνητών) προς όφελος του ανθρώπου και του περιβάλλοντος.
- Πλήρης ορισμός είναι και αυτός του Μαμάση (2013), όπου διαχείριση υδατικών πόρων καλείται το σύνολο των δράσεων (έργων και μέτρων), μέσω των οποίων επιδιώκεται η πληρέστερη δυνατή κάλυψη των σημερινών και μελλοντικών αναγκών σε νερό για κάθε χρήση ή στην περίπτωση που αυτό δεν είναι εφικτό, επιδιώκεται η εξασφάλιση της ισότιμης ικανοποίησης όλων των ενδιαφερομένων, σε σχέση με την κοινωνική σημασία της κάθε χρήσης. Οι δράσεις αναπτύσσονται σε πέντε επίπεδα (θεσμικό, τεχνολογικό, οικονομικό, κοινωνικό και περιβαλλοντικό), έτσι ώστε να επιτυγχάνεται το βέλτιστο αναπτυξιακό, οικονομικό, κοινωνικό και περιβαλλοντικό αποτέλεσμα.

Τα αντικείμενα της μελέτης της διαχείρισης υδατικών πόρων μπορούν να συνοψισθούν ως εξής (Ναλμπάντης, 2007):

- Εύρος της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στην διαθεσιμότητα γλυκού νερού.
- Προστασία των υδατικών πόρων από τη ρύπανση.
- Κίνδυνοι σχετιζόμενοι με τη δημόσια υγεία.
- Απαιτήσεις σε νερό για την εξασφάλιση της βιωσιμότητας των υδατικών οικοσυστημάτων.
- Διαχείριση της ζήτησης και των συστημάτων διανομής.
- Αποκεντρωμένα συστήματα επεξεργασίας και διάθεσης υγρών αποβλήτων.
- Ανάπτυξη λιγότερο υδροβόρων καλλιεργειών.
- Προστασία από ακραία φαινόμενα.
- Μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας των υδάτινων πόρων.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο πλέον σύγχρονος όρος είναι η Ολική Διαχείριση Υδρολογικής Λεκάνης (Total Watershed Management) που περιλαμβάνει τις χρήσεις γης, το έδαφος, τη βλάστηση και το νερό σε ένα ενιαίο σύνολο (Τσακίρης, 2001).

Η σύγχρονη προσέγγιση στη διαχείριση των υδατικών πόρων απαιτεί την πολυκλαδική και διεπιστημονική θεώρηση του νερού, καθώς σε αυτήν συμμετέχει ένα πλήθος επιστημονικών πεδίων, καθώς και την ενιαία αντιμετώπιση τόσο των ποσοτικών όσο και των ποιοτικών παραμέτρων του (Κουτσογιάννης, 2013).

Η διαχείριση υδατικών πόρων έχει ως στόχους (Μαμάσης, 2013):

- Να προμηθεύσει νερό επαρκούς ποσότητας και κατάλληλης ποιότητας για την ικανοποίηση των πάσης φύσεως αναγκών σε νερό.
- Να προστατεύσει τους υδατικούς πόρους από τη ρύπανση.
- Να παρέχει ικανοποιητική προστασία από τα ακραία υδρολογικά φαινόμενα (πλημμύρες – ξηρασίες).
- Να μεγιστοποιήσει την αποδοτικότητα των υδατικών πόρων και των σχετικών δραστηριοτήτων, με ταυτόχρονη μέριμνα για τη διατήρηση των αναγκαίων αποθεμάτων στο μέλλον και των περιβαλλοντικών φυσικών δυνατοτήτων για νέες επιλογές (αποφυγή μη αναστρέψιμων επεμβάσεων).

Οι αναζητούμενοι τρόποι υδατικής διαχείρισης πρέπει να χαρακτηρίζονται από ορθολογικότητα (να είναι επιστημονικά θεμελιωμένοι), αποδοτικότητα (να αξιοποιούν

τους υδατικούς πόρους στο μέγιστο βαθμό) και βιωσιμότητα (να μη δημιουργούν πρόβλημα εξάντλησης των υδατικών πόρων στο μέλλον για την κάλυψη των αναγκών του σήμερα). Το αποτέλεσμα της βέλτιστης λειτουργίας είναι η κάλυψη της ζήτησης να γίνεται με αξιοπιστία (μείωση της πιθανότητας μη κάλυψης της ζήτησης νερού σε αποδεκτά επίπεδα), με νερό ασφαλούς ποιότητας, με μεθόδους που δε δημιουργούν προβλήματα στο περιβάλλον, δεν υπονομεύουν την βιωσιμότητα των οικοσυστημάτων και με οικονομικά πρόσφορο τρόπο (Μαμάσης, 2013).

1.2. Τα προβλήματα της διαχείρισης των υδατικών πόρων

Η αναζήτηση του ανθρώπου για μια καλύτερη χρησιμοποίηση του νερού είναι τόσο παλιά όσο και η ανθρωπότητα η ίδια. Η κατανόησή του, για τα φαινόμενα που συνδέονται με την εμφάνιση του νερού στην φύση, είναι σχετικά πρόσφατη και σχεδόν πριν από 150 χρόνια ήταν μάλλον περιορισμένη. Παρόλα αυτά, ο άνθρωπος έχει προσπαθήσει να προσφέρει αξιόπιστες εξηγήσεις για τις φυσικές υδρολογικές διεργασίες, σε αντίστοιχο επίπεδο εξειδίκευσης ανάλογα με τη χρονική περίοδο (Mays, 1996).

Τα προβλήματα που συνδέονται με τη διαχείριση και προστασία των υδάτινων πόρων είναι πολλαπλά, πολυδιάστατα και αναπόφευκτα έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στα ποικίλα ισοζύγια της φυσικής και κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας. Σύμφωνα με τον Χατζημίρο (2012) οι δυσκολίες που αντιμετωπίζονται σήμερα στον τομέα της διαχείρισης του νερού οφείλονται κατά κύριο λόγο στην υπαρκτή σύγκρουση μεταξύ των θεμάτων ανάπτυξης και του περιβάλλοντος, καθώς και στις αντιθέσεις των απαιτήσεων, των συμφερόντων, των νοοτροπιών, των ιδεολογιών και των εφαρμοζόμενων πολιτικών σε τοπικό, εθνικό αλλά και πλανητικό επίπεδο.

Ειδικότερα, οι κυριότερες δυσκολίες που εμφανίζονται κατά την διάρκεια κατάρτισης ενός συστήματος διαχείρισης υδατικών πόρων προκύπτουν από τα εξής δεδομένα (Μαμάσης, 2013):

- Τα υδατικά συστήματα έχουν πολλαπλούς στόχους, χρήσεις και λειτουργίες, που πολλές φορές είναι αντικρουόμενα.
- Οι επιστημονικές και τεχνολογικές απόψεις για θέματα σχεδιασμού και διαχείρισης υδατικών πόρων είναι μια αναγκαία συνθήκη για μια σωστή και

αποτελεσματική διαχείριση, δεν είναι όμως και ικανή εξαιτίας του γεγονότος ότι παρεμβαίνουν θεσμικές και πολιτικές απόψεις.

- Στοιχεία αβεβαιότητας και επικινδυνότητας χαρακτηρίζουν τα περισσότερα, αν όχι όλα, υδατικά συστήματα.
- Η δημιουργία ενός συστήματος διαχείρισης είναι μια διεπιστημονική περιοχή. Απαιτεί δηλαδή ειδικότητες από πολλές επιστημονικές περιοχές (όπως υδρολόγοι, μηχανικοί, οικονομολόγοι, κοινωνιολόγοι κ.λπ.) αλλά και ένας αποδοτικός συντονισμός όλων αυτών ώστε να υπάρξουν αποτελέσματα.
- Για τη δημιουργία ενός συστήματος διαχείρισης πρέπει να συμπράξουν πολλοί φορείς που συνήθως έχουν ανταγωνιστικές επιδιώξεις για τη χρήση του νερού.

Συνεπώς, ο σχεδιασμός της διαχείρισης των υδατικών πόρων, για να είναι αποτελεσματικός, είναι απαραίτητο να συνδέεται με τρεις επιπλέον βασικές μορφές σχεδιασμού, οι οποίες είναι (Μυλόπουλος, 2008):

- Ο γενικός αναπτυξιακός σχεδιασμός σε εθνικό επίπεδο.
- Ο διαχειριστικός σχεδιασμός σε επίπεδο υδατικού διαμερίσματος.
- Ο σχεδιασμός σε επίπεδο λεκάνης απορροής ή σε επίπεδο αυτόνομης υδρολογικά λεκάνης όπως είναι για παράδειγμα ένα νησί.

1.3. Η διαχείριση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα

Η διαχείριση των υδατικών πόρων είναι θέμα που τέθηκε στην Ελλάδα για πρώτη φορά στις αρχές της δεκαετίας του 1970. Τότε θεσμοθετήθηκε το Υπουργείο Συντονισμού, η Διεύθυνση Φυσικών Πόρων Ενέργειας και Προστασίας του Περιβάλλοντος, ενώ το 1977 ιδρύθηκε η Διεύθυνση Υδατικού Δυναμικού και Φυσικών Πόρων (ΥΠΑΝ, 2003). Οι φορείς που ασχολήθηκαν με όσα επιμέρους προβλήματα ανέκυπταν σε σχέση με τους υδατικούς πόρους της χώρας ήταν το Υπουργείο Ανάπτυξης, Περιβάλλοντος και Γεωργίας, το ΙΓΜΕ, τα ΑΕΙ, η ΔΕΗ και κάποια ερευνητικά ινστιτούτα.

Στην Ελλάδα δεν υπήρχε κάποια συντονισμένη προσπάθεια για αλλαγή πολιτικής διαχείρισης των υδατικών πόρων μέχρι την έλευση της Οδηγίας 2000/60/ΕΕ. Οι υδρολογικές και γεωμορφολογικές ιδιαιτερότητες της Ελλάδας (άνιση κατανομή των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στο χώρο και στο χρόνο και έντονες γεωμορφολογικές διαφοροποιήσεις ανά υδατικό διαμέρισμα) σε συνδυασμό με την

αυξημένη ζήτηση σε περιόδους χαμηλής προσφοράς δεν ευνοούν την οικονομικά εφικτή κάλυψη των αναγκών διαφόρων χρήσεων. Επίσης, η εξάρτηση των τεσσάρων μεγάλων ποταμών της βόρειας Ελλάδας από τις εισερχόμενες παροχές των ανάντη κρατών εντείνει το πρόβλημα της διαχείρισης καθώς δεν υπάρχουν διακρατικές συμφωνίες (εκτός από την περίπτωση του Νέστου), με αποτέλεσμα να υπάρχει αβεβαιότητα ως προς τη διαθέσιμη παροχή προς εκμετάλλευση. Σύμφωνα με το Υπουργείο Ανάπτυξης (2003), το ολικό υδατικό δυναμικό της χώρας μπορεί να καλύψει σε ζήτηση σε όλους τους τομείς, όμως μικρό μέρος από το δυναμικό αυτό είναι οικονομικά και τεχνικά αξιοποιήσιμο, με αποτέλεσμα την ανεπάρκεια του νερού (Ελευθεριάδου, 2006).

Αναμφίβολα το συνολικό υδατικό δυναμικό υπερκαλύπτει κατά πολύ την ποσότητα που διατίθεται σήμερα στις χρήσεις ή στις απαιτήσεις των χρηστών συνολικά. Ωστόσο, μικρό μέρος από το συνολικό υδατικό δυναμικό είναι οικονομικά και τεχνικά αξιοποιήσιμο, με αποτέλεσμα την δημιουργία προβλημάτων ανεπάρκειας νερού σε διάφορες περιοχές της χώρας, για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα μέσα σε ένα έτος και για κάποια έτη σε μεγαλύτερο διάστημα ετών. Οι κυριότεροι λόγοι που προκαλούν προβλήματα στην αξιοποίηση και ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων της χώρας είναι (Κισσούδης και Πετράς, 2005):

- Η ανομοιόμορφη κατανομή των υδατικών πόρων στο χώρο. Η δυτική Ελλάδα (με έκταση 24% της χώρας) δέχεται πολύ μεγαλύτερα ύψη βροχών (το 36% των συνολικών ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων) σε σχέση με την ανατολική.
- Η ανομοιόμορφη κατανομή των υδατικών πόρων στο χρόνο, με μεγάλη συγκέντρωση βροχοπτώσεων κατά την χειμερινή περίοδο. Στη νότια Ελλάδα το 80-90% των ετήσιων βροχοπτώσεων συγκεντρώνεται σε αυτήν την περίοδο, ενώ το θερινό ύψος βροχής, που αυξάνει προς βορρά, παίρνει τη μεγαλύτερη τιμή του στα βορειότερα τμήματα και φτάνει το 20% του ετήσιου όγκου.
- Η ανομοιόμορφη κατανομή της ζήτησης στο χώρο, αναντίστοιχη με την κατανομή της προσφοράς. Τα μεγαλύτερα αστικά κέντρα της χώρας (Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Πάτρα) δεν διαθέτουν σημαντικούς πόρους.
- Η ανομοιόμορφη κατανομή της ζήτησης στο χρόνο, αναντίστοιχη με την κατανομή της προσφοράς. Ο μεγαλύτερος καταναλωτής του χρησιμοποιημένου νερού, η γεωργία (83%), το καταναλώνει την ξηρή περίοδο. Την ίδια περίοδο

και ειδικότερα τους μήνες Ιούλιο-Αύγουστο, διπλασιάζεται λόγω τουρισμού και η κατανάλωση νερού ύδρευσης.

- Η γεωμορφολογία της χώρας. Ο έντονος οριζόντιος και κατακόρυφος διαμελισμός, καθώς και η δομή και διάταξη των πετρωμάτων, έχουν αποτέλεσμα τη δημιουργία πολλών μικρών υδατορεμάτων με χειμαρρική κυρίως δίαιτα, επιφανειακή απορροή μικρής διάρκειας, αυξημένη κατεΐσδυση και συχνά πλημμυρικά φαινόμενα. Η εκμετάλλευση του δυναμικού αυτών των ρεμάτων είναι δυσχερής και συχνά οικονομικώς ασύμφορη, ενώ η αντίστοιχη των καρστικών υδροφόρων συστημάτων συχνά αποτελεί σημαντικό παράγοντα αναρρύθμισης των πλημμυρικών παροχών.
- Η εξάρτηση της Βόρειας Ελλάδας από τις επιφανειακές απορροές ποταμών που έρχονται από γειτονικά κράτη, περίπου 13 Km³/χρόνο.
- Τα πολλά άνυδρα ή με ελάχιστους υδατικούς πόρους νησιά της χώρας.
- Η ρύπανση. Αν και η Ελλάδα είχε γενικά νερά καλής ποιότητας, οι μακροχρόνιες χωρίς προγραμματισμό και έλεγχο ανθρώπινες δραστηριότητες οδήγησαν τα τελευταία χρόνια σε υποβάθμισή τους, τόσο στα επιφανειακά όσο και στα υπόγεια ύδατα.

Η δομή της διαχείρισης των υδατικών πόρων στον Ελλαδικό χώρο στηρίζεται αποκλειστικά στην δημόσια διοίκηση η οποία χαρακτηρίζεται από πολυδιάσπαση και αποσπασματικότητα και δεν είναι επαρκώς στελεχωμένη, ενώ η εφαρμογή της βασίζεται σε μια ισορροπία μεταξύ του συγκεντρωμένου κράτους και των 14 υδατικών διαμερισμάτων που χωρίζεται η χώρα, σύμφωνα με τον Ν 1739/87. Τα όρια των υδατικών διαμερισμάτων δεν συμπίπτουν με αυτά των διοικητικών περιφερειών, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα διοίκησης και συντονισμού δράσεων.

Οι τομείς όπου υπάρχουν μεγάλα περιθώρια για τη χώρα μας είναι (Μυλόπουλος, 2008):

- Η γεωργία, ο μεγαλύτερος καταναλωτής νερού, με το 80% της συνολικής κατανάλωσης νερού να αποδίδεται στην άρδευση. Οι απώλειες της άρδευσης εκτιμώνται περίπου στο 50-60%, ποσοστό που αντιπροσωπεύει μια σημαντική ποσότητα υδάτων. Οι αγρότες δεν χρεώνονται βάσει της κατανάλωσης με αποτέλεσμα να μην εφαρμόζονται οικονομικά κίνητρα για την εξοικονόμηση νερού και να μη δίνονται τα κίνητρα για αλλαγές των πρακτικών άρδευσης προς πιο σύγχρονες μεθόδους μικροάρδευσης.

- Η βιομηχανική κατανάλωση η οποία φτάνει το 11% της συνολικής κατανάλωσης, όπου όμως δεν υπάρχουν οι δυνατότητες ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης του νερού. Με την εισαγωγή των κατάλληλων τεχνικών η εξοικονόμηση νερού στο συγκεκριμένο τομέα μπορεί να φτάσει και το 90%.
- Η ύδρευση ευθύνεται για περίπου 10% της συνολικής κατανάλωσης με απώλειες της τάξης του 30-50%. Η έλλειψη τιμολογιακής πολιτικής έχει οδηγήσει στην υπερκατανάλωση και στην απουσία της ευαισθητοποίησης του κοινού για την εξοικονόμηση νερού.

Η αλόγιστη χρήση και η ανεξέλεγκτη σπατάλη νερού, συνέπεια της οποίας είναι η μείωση των υδατικών διαθεσίμων, καθιστά επιτακτική ανάγκη τη λήψη μέτρων για τον περιορισμό της κατανάλωσης. Η Ελλάδα πρέπει να εξετάσει τον τρόπο με τον οποίο διαχειρίζεται τους υδατικούς της πόρους και να φροντίσει ώστε οι ανάγκες διαχείρισης του νερού να ενσωματωθούν στις υπάρχουσες περιβαλλοντικές πολιτικές και όχι το αντίστροφο. Χρειάζεται ολοκληρωμένος σχεδιασμός και εφαρμογή των νόμων στην πράξη, ώστε να εξασφαλισθεί η ποσοτική και ποιοτική επάρκεια των υδατικών αποθεμάτων (Μόσχου, 2008).

1.4. Η οδηγία πλαίσιο για τα νερά 2000/60/ΕΕ

Η Οδηγία Πλαίσιο για τα νερά αποτελεί μια ολιστική και καινοτόμο προσπάθεια προστασία και διαχείρισης των υδατικών πόρων, Δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων στις 23 Δεκεμβρίου 2000, αποτελεί το πιο βασικό θεσμικό εργαλείο που εισάγεται στον τομέα του νερού σε διεθνές επίπεδο και αντικατοπτρίζει την τάση προς ολοκληρωμένο περιβαλλοντικό σχεδιασμό και διαχείριση. Η Οδηγία ενσωματώνει μια σειρά από παλιότερες, σχετικές με τα ύδατα Οδηγίες (για ποιοτικά κυρίως χαρακτηριστικά και την προστασία από ρύπανση και μόλυνση), ενώ καταργεί ένα μικρό αριθμό από αυτές. Αποτελείται από 26 άρθρα και 11 παραρτήματα στα οποία εξειδικεύονται οι απαιτήσεις που θέτει.

Η κοινοτική Οδηγία 2000/60/ΕΕ προωθεί μέσω των κριτηρίων και των στόχων της μια νέα κουλτούρα στον τομέα της διαχείρισης των υδατικών πόρων στον Ευρωπαϊκό χώρο δίνοντας προτεραιότητα στην εξοικονόμηση, βελτίωση της αποτελεσματικότητας και

στην εισαγωγή νέων τεχνολογιών, καθώς και στις στρατηγικές προστασίας των υπόγειων υδάτων, μέσω ολοκληρωμένων προσεγγίσεων.

Η επιτυχία της εφαρμογής της Οδηγίας αναμένεται να εξαρτηθεί από δύο βασικούς παράγοντες, ήτοι:

- Την εναρμόνιση όλων των φυσικών διεργασιών και ανθρώπινων δραστηριοτήτων που επηρεάζουν τον κύκλο του νερού μέσα στα χωρικά πλαίσια μιας υδρολογικής λεκάνης.
- Την έγκαιρη λήψη κατάλληλων διαχειριστικών μέτρων που θα εξασφαλίσουν την επιθυμητή «καλή κατάσταση» των επιφανειακών και υπογείων υδάτων μέσα στα επόμενα χρόνια.

Άξιο αναφοράς αποτελεί το γεγονός ότι η προετοιμασία της Οδηγίας διήρκεσε πάνω από μια δεκαετία και αποτέλεσε πεδίο έντονης επιστημονικής και πολιτικής αντιπαράθεσης μεταξύ των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η ερμηνεία των προβλέψεων της Οδηγίας αποτελεί ακόμα και τώρα αντικείμενο επιστημονικών συζητήσεων και όπως φαίνεται από το χρονοδιάγραμμα εφαρμογής, θα περάσουν αρκετά χρόνια για να ερμηνευτούν και να εφαρμοστούν όλα τα σημεία της.

Οι βασικές αρχές από τις οποίες διέπεται η Οδηγία 2000/60/ΕΕ είναι οι εξής (Παναγόπουλος, 2010):

- Η «αρχή της πρόληψης». Κύρια επιδίωξη της αρχής αυτής είναι η αποφυγή ή η πρόληψη δυσμενών για το περιβάλλον επιβαρύνσεων. Αποτελεί την πρώτη θεμελιακή αρχή μιας οικολογικής πολιτικής ενός σύγχρονου κράτους και δεν θα ήταν δυνατόν να μην την υιοθετήσει και η Οδηγία 2000/60/ΕΕ.
- Η «αρχή ο ρυπαίνοντος» τίθεται σε εφαρμογή όταν έχει ήδη συντελεστεί η προσβολή του περιβάλλοντος. Η κυρίαρχη σκέψη είναι, ότι το κόστος εξουδετέρωσης της προσβολής το επωμίζεται ο ρυπαντής και δεν βαρύνει αμέτοχους τρίτους ή το σύνολο των φορολογουμένων εν γένει.
- Η «αρχή ο χρήστης πληρώνει» όπου ο χρήστης καλείται να πληρώσει, με την σκέψη ότι καταναλώνει φυσικούς πόρους που βρίσκονται σε ανεπαρκή ποσότητα σε σχέση με τις ανάγκες. Επομένως, η χρήση των υδάτων θα πρέπει να είναι λελογισμένη.
- Η «αρχή της αειφορίας». Η εν λόγω αρχή αποσκοπεί στη διαχείριση των υδάτινων πόρων κατά τέτοιο τρόπο, ούτως ώστε να μην εξαντλούνται τα όρια

αποδοχής και να μην επηρεάζεται η φέρουσα ικανότητα των οικοσυστημάτων εξαιτίας της εισαγωγής επικίνδυνων ουσιών.

- Η «αρχή της αναλογικότητας» βάσει της οποίας το σύνολο των εκπομπών των εγκαταστάσεων που δραστηριοποιούνται σε έναν χώρο δεν θα πρέπει να ξεπερνούν κάποια καθορισμένα όρια εκπομπών.
- Η «αρχή της πληροφόρησης και της συμμετοχής του πολίτη», η πληροφόρηση των πολιτών σχετικά με την περιβαλλοντική κατάσταση διασφαλίζει το δικαίωμα συμμετοχής στη διαδικασία λήψης αποφάσεων που αφορούν το περιβάλλον. Η αρχή λαμβάνει έτσι χαρακτήρα διαβούλευσης, ενώ η παρακώλυση εξασκήσεως των δικαιωμάτων αυτών, παρέχεται το δικαίωμα προσφυγής ενώπιον Δικαστηρίων κατά των αποφάσεων, οι οποίες τα παραβίασαν.

Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να τονισθεί ότι στα πλαίσια της οδηγίας για το νερό δεν αντιμετωπίζεται ως εμπορικό αγαθό αλλά, αντίθετα, σαν κληρονομιά της φύσης που πρέπει να προστατεύεται και να τυγχάνει κατάλληλης μεταχείρισης (άρθρο 1).

1.4.1. Οι στόχοι και τα βασικά σημεία της οδηγίας 2000/60/ΕΕ

Η Οδηγία, όπως διαφαίνεται από το πρώτο άρθρο της, δημιουργεί ένα πλαίσιο για την προστασία όλων των υδάτινων σωμάτων (επιφανειακών, μεταβατικών, παράκτιων και υπογείων). Βασικός στόχος είναι η καλύτερη κατάσταση από πλευράς ποιότητας και ποσότητας των υδατικών πόρων ως το έτος 2015 (Μιμίκου, 2006). Όπως αναφέρεται άλλωστε και στις διατάξεις της οδηγίας:

«Τελικός στόχος είναι η επίτευξη της εξάλειψης των επικίνδυνων ουσιών προτεραιότητας και η συμβολή στην επίτευξη συγκεντρώσεων στο θαλάσσιο περιβάλλον, οι οποίες για τις φυσικώς απαντώμενες ουσίες, να πλησιάζουν το βασικό επίπεδο».

Αναλυτικότερα, οι κύριοι στόχοι της οδηγίας αποσκοπούν (άρθρο 1):

- Στην αποτροπή της περαιτέρω υποβάθμισης των υδάτων και να προστατεύονται και να βελτιώνονται οι υδατικοί πόροι καθώς και τα χερσαία οικοσυστήματα που τους περιέχουν ή τους περιβάλλουν.
- Στην προώθηση της βιώσιμης χρήσης του νερού βασισμένης στην μακροπρόθεσμη προστασία των διαθέσιμων υδάτινων πόρων.

- Στην βελτίωση και προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος μέσω της εφαρμογής ειδικών μέτρων για την σταδιακή μείωση των απορρίψεων, εκπομπών και διαρροών ουσιών προτεραιότητας και την σταδιακή εξάλειψη ή και παύση απορρίψεων, εκπομπών και διαρροών αυτών των ουσιών.
- Στην διασφάλιση της προοδευτικής μείωσης της ρύπανσης των υπογείων υδάτων και αποτροπή περαιτέρω μόλυνσης του.
- Στον μετριασμό των επιπτώσεων από πλημμύρες και ξηρασίες.

Τα κύρια σημεία στα οποία μπορεί να συνοψισθεί η οδηγία είναι τα εξής:

- Ο προσδιορισμός της περιοχής λεκάνης απορροής ποταμού ή συνόλου λεκανών απορροής με την μορφή μιας υδρολογικής περιφέρειας (με συνυπολογισμό υπόγειων και παράκτιων νερών) και οι διοικητικές διευθετήσεις για την συγκρότηση αρμόδιας τοπικής αρχής της λεκάνης αφενός και συντονισμού δράσεων αφετέρου (άρθρο 3).
- Ο χαρακτηρισμός και η συνολική περιγραφή της κατάστασης της υδρολογικής περιφέρειας και η ανάλυση των πιέσεων και των επιπτώσεων αυτών στην κατάσταση των συστημάτων επιφανειακών και υπογείων υδάτων συμπεριλαμβανομένης και της οικονομικής ανάλυσης των χρήσεων νερού (άρθρο 5, άρθρο 6, Παράρτημα II, Παράρτημα III).
- Η εγκατάσταση και λειτουργία αντιπροσωπευτικών δικτύων παρακολούθησης της ποσοτικής και ποιοτικής κατάστασης των υδάτων (άρθρο 8).
- Η κατάστρωση των Διαχειριστικών Σχεδίων (Προγράμματα Διαχείρισης Λεκάνης Απορροής Ποταμού) που θα περιλαμβάνον τα απαραίτητα διαχειριστικά μέτρα για την επίτευξη των στόχων της Οδηγίας (άρθρο 13).

Αξίζει να σημειωθεί, ότι για πρώτη φορά δίδεται έμφαση στην αντιμετώπιση των ακραίων γεγονότων και συγκεκριμένα στην προστασία από τις πλημμύρες και τις ξηρασίες (Τσακίρης, 2001).

Ακρογωνιαίο λίθο και βασικό κλειδί για την εφαρμογή της Οδηγίας από τα κράτη μέλη αποτελεί η διάταξη του άρθρου 3, που προβλέπει ως βασική μονάδα σχεδιασμού και διαχείρισης των υδάτινων πόρων, τις λεκάνες απορροής ποταμού. Αναγνωρίζεται δηλαδή το γεγονός ότι το νερό έχει φυσικά και υδρολογικά όρια, όχι όμως πολιτικά και διοικητικά. Ως περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού, ορίζεται η «θαλάσσια και χερσαία έκταση που αποτελείται από μία ή περισσότερες λεκάνες απορροής ποταμού μαζί με τα συναφή υπόγεια και παράκτια ύδατα (άρθρο 2).

Τέλος, ένα ακόμα σημείο που σφραγίζει το χαρακτήρα της Οδηγίας αποτελεί η ενθάρρυνση της ενεργής συμμετοχής όλων των ενδιαφερόμενων φορέων κατά την διάρκεια των σταδίων εφαρμογής της Οδηγίας αλλά και κατά την διάρκεια σύνταξης των διαχειριστικών προγραμμάτων. Επιπλέον τα Κράτη-Μέλη οφείλουν να ενημερώνουν και να συμβουλευονται το κοινό (συμπεριλαμβανομένων και των χρηστών) για τα ακόλουθα ζητήματα (άρθρο 14):

- Το χρονοδιάγραμμα και το πρόγραμμα εργασιών για την εκπόνηση των διαχειριστικών σχεδίων, τουλάχιστον τρία έτη πριν από την έναρξη της περιόδου στην οποία αναφέρεται το σχέδιο (ως το 2006).
- Την ενδιάμεση επισκόπηση των σημαντικών ζητημάτων διαχείρισης, τουλάχιστον δύο έτη πριν από την έναρξη περιόδου στην οποία αναφέρεται το σχέδιο (ως το 2007).
- Την πρώτη προσέγγιση των διαχειριστικών σχεδίων, τουλάχιστον ένα έτος πριν από την έναρξη της περιόδου στην οποία αναφέρεται το σχέδιο (ως το 2008).

1.5. Η οδηγία 2008/105/ΕΕ «Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων»

Η Οδηγία 2008/105/ΕΕ αποτελεί το τελικό μείζον και απολύτως αναγκαίο νομοθέτημα για τη στήριξη της 2000/60/ΕΕ εξειδικεύοντας τα Ποιοτικά Περιβαλλοντικά Πρότυπα (ΠΠΠ), σύμφωνα με τις διατάξεις και τους στόχους της «μητρικής» οδηγίας 2000/60/ΕΕ. Καθορίζει πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος (ΠΠΠ) για ουσίες προτεραιότητας και ορισμένους άλλους ρύπους (όπως φυτοφάρμακα, βαρέα μέταλλα και βιοκτόνα), όπως προβλέπεται στο άρθρο 16 της οδηγίας 2000/60/ΕΕ, με στόχο την επίτευξη καλής χημικής κατάστασης των επιφανειακών υδάτων.

Με την ΚΥΑ 51354/2641/Ε103, μεταφέρθηκε στο εθνικό δίκαιο η Κοινοτική Οδηγία 2008/105/ΕΕ περί ουσιών προτεραιότητας, βάσει της οποίας θεσπίζονται οριακές τιμές για έναν κατάλογο 33 ενώσεων. Ο κατάλογος περιλαμβάνει τις λεγόμενες ουσίες προτεραιότητας και ορισμένες άλλες που θεωρούνται ιδιαίτερα τοξικές και τις οποίες, καθώς και τα όριά τους προσδιορίζει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Στο πλαίσιο αυτό ήταν αναγκαίο να εκσυγχρονισθεί και το σχετικό εθνικό δίκαιο και να καθοριστούν νέα Περιβαλλοντικά Πρότυπα Ποιότητας (ΠΠΠ), δηλαδή όρια, για ένα μεγάλο κατάλογο χημικών ουσιών που δυνητικά μπορεί να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις.

Η σχετική ΚΥΑ ορίζει επικίνδυνες ουσίες για τον άνθρωπο και το υδατικό περιβάλλον, τις οποίες τοποθετεί σε δύο καταλόγους: στον κατάλογο I περιλαμβάνονται 33 χημικές ουσίες που επιλέχτηκαν βάσει την τοξικότητά τους, την περιβαλλοντική τους εμμονή και τη βιοσυσσώρευσή τους, οι οποίες θα πρέπει να εξαλειφθούν από τα επιφανειακά, τα υπόγεια και τα παράκτια ύδατα. Στον κατάλογο II περιλαμβάνονται 59 ουσίες για τις οποίες θα πρέπει να περιοριστεί η ρύπανση στα επιφανειακά νερά των κρατών – μελών. Οι 33 ουσίες του καταλόγου I περιλαμβάνουν χλωριωμένες πτητικές ενώσεις, οργανοχλωριωμένα φυτοφάρμακα και βαρέα μέταλλα. Οι 59 ουσίες του καταλόγου II περιλαμβάνουν φυτοφάρμακα διαφόρων κατηγοριών, βαρέα μέταλλα και μεταλλοειδή, οργανομεταλικές ενώσεις, διαλύτες, συστατικά χρωμάτων και γενικότερα προϊόντα και παραπροϊόντα ανθρωπογενών δραστηριοτήτων.

Με την Οδηγία επιδιώκεται να μειωθούν προοδευτικά οι εκπομπές, απορρίψεις και διαρροές ουσιών προτεραιότητας στα ύδατα. Οι επικίνδυνες ουσίες προτεραιότητας θα πρέπει να έχουν εκλείψει τελείως μέσα σε μια εικοσαετία. Τα κράτη μέλη είναι υπεύθυνα για την παρακολούθηση των συγκεντρώσεων των ουσιών προτεραιότητας στα επιφανειακά ύδατα, στο πλαίσιο των οικείων προγραμμάτων παρακολούθησης (Κοκκινίδου, 2011).

1.6. Ο νόμος 3199/2003 «Προστασία και Διαχείριση των Υδάτων» - Εναρμόνιση με την οδηγία 2000/60/ΕΕ

Ο Νόμος 3199/2003 «Προστασία και διαχείριση των υδάτων» - εναρμόνιση με την οδηγία 2000/60/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000», μαζί με το προβλεπόμενο Προεδρικό Διάταγμα και τις υπόλοιπες κανονιστικές πράξεις αποτελούν το σύνολο των διατάξεων για την εναρμόνιση του ελληνικού θεσμικού πλαισίου με την Οδηγία 2000/60/ΕΕ. Ο συγκεκριμένος νόμος έρχεται να αντικαταστήσει τον προηγούμενο Ν 1739/87, ο οποίος αποτελεί, όπως προαναφέρθηκε και την πρώτη επίσημη κρατική παρέμβαση της Ελλάδας, με στόχο την προστασία και ορθολογική αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού της χώρας.

Ο Νόμος 3199/2003 για τη διαχείριση των υδατικών πόρων της Ελλάδας αποτελείται από 17 άρθρα και έχει ως στόχο την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να διασφαλίζονται, αφενός μεν οι θεμελιώδους

σημασίας οικολογικές λειτουργίες τους, αφετέρου δε η ολοκληρωμένη παροχή των ποικίλων αγαθών και υπηρεσιών τους στον άνθρωπο, αφού προηγουμένως ληφθούν υπόψη οι ανάγκες και το όφελος του κοινωνικού συνόλου (Λαζάρου, 2006).

Στον εν λόγω νόμο ορίζονται ως Περιοχές Λεκάνης Απορροής Ποταμού τα 14 υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας, των οποίων η διάκριση είχε υλοποιηθεί στα πλαίσια του Ν 1739/87. Θεμελιώδες στοιχείο του νόμου, το οποίο μάλιστα διαφοροποιείται από τις βασικές διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΕ είναι ότι:

Οι αρμοδιότητες προστασίας και διαχείρισης κάθε λεκάνης απορροής ανήκουν στην Περιφέρεια και στα διοικητικά όρια της οποίας εκτείνεται, ενώ στην περίπτωση που η λεκάνη απορροής εκτείνεται στα διοικητικά όρια περισσότερων περιφερειών, τότε οι αρμοδιότητες ασκούνται από κοινού.

Οι διατάξεις του νέου νόμου προβλέπουν τη λειτουργία των ακόλουθων υπηρεσιών:

- Η Εθνική Επιτροπή Υδάτων (άρθρο 3), η οποία χαράσσει την πολιτική για την προστασία και διαχείριση των υδάτων, παρακολουθεί και ελέγχει την εφαρμογή της και εγκρίνει μετά από εισήγηση του Υπουργού Περιβάλλοντος ΠΕΧΩΔΕ και γνώμη του Εθνικού Συμβουλίου Υδάτων τα εθνικά προγράμματα προστασίας και διαχείρισης του υδάτινου δυναμικού της χώρας. Αποτελείται από τον υπουργό ΠΕΧΩΔΕ (ως πρόεδρο), τον Υπουργό Οικονομίας και Οικονομικών, τον Υπουργό Εσωτερικών-Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης, τον Υπουργό Ανάπτυξης και Τροφίμων. Στην Επιτροπή μετέχει και ο Υπουργός Εξωτερικών, όταν συζητούνται θέματα που αφορούν διακρατικά ύδατα.
- Το Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων (άρθρο 3), με πρόεδρο τον Υπουργό ΠΕΧΩΔΕ Σημειώνεται ότι στο εν λόγω Συμβούλιο συμμετέχουν (με έναν εκπρόσωπό τους) επιπρόσθετα και άλλοι οργανισμοί, όπως ο Σύνδεσμος Ελληνικών Βιομηχανιών (ΣΕΒ), η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ), το Τεχνικό και Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (ΤΕΕ και ΓΕΩΤΕΕ αντίστοιχα), το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), το Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ), το Εθνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων (ΕΚΒΥ), δύο περιβαλλοντικές μη κυβερνητικές οργανώσεις, ο Πρόεδρος της Εθνικής Επιτροπής για την καταπολέμηση της Απερήμωσης κ.ά. Η Εθνική Επιτροπή Υδάτων υποβάλλει στη Βουλή και στο Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων ετήσια έκθεση σχετικά με την κατάσταση του υδάτινου περιβάλλοντος

της χώρας, την εφαρμογή της νομοθεσίας για την προστασία και διαχείριση των υδάτων, καθώς και για τη συμβατότητα με το κοινοτικό κεκτημένο.

- Η Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων (άρθρο 4), η οποία εδράζεται στο ΥΠΕΧΩΔΕ και αποτελεί ενιαίο διοικητικό τομέα, ενώ εντός αυτής συνίσταται η γνωμοδοτική επιτροπή υδάτων.
- Η Διεύθυνση Υδάτων Περιφέρειας (άρθρο 5), η οποία συνίσταται σε κάθε περιφέρεια και μέσω της οποίας ασκούνται οι αρμοδιότητες της περιφέρειας για την προστασία και διαχείριση των υδάτων εντός των ορίων της.
- Το Περιφερειακό Συμβούλιο Υδάτων (άρθρο 6), το οποίο αποτελεί όργανο κοινωνικού διαλόγου και διαβούλευσης για θέματα προστασίας και διαχείρισης των υδάτων.

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι ο Ν 3199/2003 αποτέλεσε το προϊόν μιας προσπάθειας να συγκροτηθούν καινούρια όργανα σε περιφερειακό και εθνικό επίπεδο, καθώς και να αποφευχθούν οι αλληλοεπικαλύψεις των αρμοδιοτήτων μεταξύ των φορέων (Ασημακόπουλος, 2004). Δυστυχώς, η μέχρι τώρα πορεία του δεν είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντική. Ο νόμος χαρακτηρίζεται από βασικές ελλείψεις ως προς το περιεχόμενο και ασάφειες ως προς την εφαρμογή (WWF, 2005).

1.7. Η πορεία εφαρμογής της οδηγίας 2000/60/ΕΕ στην Ελλάδα

Η Ευρωπαϊκή Οδηγία – Πλαίσιο για τα Νερά αποτελεί το εργαλείο για την μακροπρόθεσμη αειφόρο διαχείριση των υδάτων και των οικοσυστημάτων στην επικράτεια της Ευρώπης. Το πόσο καλά ή πόσο αποτελεσματικά εφαρμόζεται αυτή η πολιτική σε επίπεδο κράτους, αφορά αποκλειστικά το κάθε κράτος – μέλος ξεχωριστά (Μιμίκου και Φωτόπουλος, 2004).

Η Ελλάδα ήδη έχει καθυστερήσει στην εφαρμογή της Οδηγίας (μέσω του Ν 3199/2003). Τα προβλήματα άρχισαν από την ψήφισή του όταν η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έκρινε ότι ο συγκεκριμένος νόμος δεν αποτελούσε ακριβή μεταφορά της οδηγίας, αλλά χρειαζόταν εξειδίκευση μέσω εκτελεστικών πράξεων. Η μη έγκαιρη συμμόρφωση της Ελλάδας στον προδικαστικό έλεγχο που ξεκίνησε το 2005 είχε ως αποτέλεσμα στην παραπομπή της στο Δικαστήριο Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (ΔΕΚ) τον Ιούνιο του 2006. Το 2007 σε μια προσπάθεια εναρμόνισης με την 2000/60/ΕΕ οι ελληνικές αρχές

εξέδωσαν το Προεδρικό Διάταγμα 51/2007, το οποίο επιχειρεί να ρυθμίσει πολλά πρακτικά θέματα και να θέσει τις προδιαγραφές για τα Σχέδια Διαχείρισης, τα προγράμματα παρακολούθησης κ.ά. Τελικώς, τον Ιούνιο 2007, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δέχτηκε το Προεδρικό Διάταγμα και έκλεισε την υπόθεση στο Δικαστήριο Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (Τάτσης, 2008).

Σημαντικές ήταν οι καθυστερήσεις σε ορισμένα σημεία της Οδηγίας, εκ των οποίων τα σπουδαιότερα αφορούν στα παρακάτω:

- Άρθρο 5, το οποίο περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των υδάτινων σωμάτων ανά κατηγορίες και τύπους, την ανάλυση και περιγραφή χαρακτηριστικών των λεκανών απορροής, την εκτίμηση των πιέσεων και ανάλυση επιπτώσεων, τον προκαταρκτικό χαρακτηρισμό των ιδιαίτερος τροποποιημένων υδάτινων σωμάτων, τον χαρακτηρισμό των υδάτινων (επιφανειακών, υπόγειων, παράκτιων και μεταβατικών) σωμάτων και την αξιολόγηση του κινδύνου μη επίτευξης των στόχων της Οδηγίας και την προκαταρκτική οικονομική ανάλυση. Η Ελλάδα παραπέμφθηκε στο Δικαστήριο Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων στις 22 Μαρτίου 2007 (υπόθεση C-264/07) και καταδικάστηκε στις 31 Ιανουαρίου 2008. Θετική εξέλιξη στην υπόθεση αυτή αποτελεί η αποστολή στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή των μελετών που αφορούν τις λεκάνες απορροής ποταμών. Οι μελέτες κρίθηκαν επαρκείς και έτσι η Ελλάδα συμμορφώθηκε με την καταδικαστική απόφαση του Δικαστήριο Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (Δανιλάκης, 2011).
- Άρθρο 8, που αφορά στην κατάσταση των προγραμμάτων εποπτικής, λειτουργικής και διερευνητικής παρακολούθησης (monitoring) των ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών των υδάτινων σωμάτων. Βάσει του χρονοδιαγράμματος το έργο έπρεπε να είχε ολοκληρωθεί στο τέλος του 2006, ώστε από το 2007 να είναι δυνατή η θέση σε λειτουργία των προγραμμάτων παρακολούθησης (Ανδρεαδάκης, 2008). Δυστυχώς κάτι τέτοιο δεν είχε γίνει ενώ η Ελλάδα μόλις το 2007 είχε προκηρύξει το έργο για τα Προγράμματα Παρακολούθησης. Για τον λόγο αυτό η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ξεκίνησε εκ νέου προδικαστική διαδικασία, τον Ιούνιο του 2008, επειδή η Ελλάδα απέτυχε να τηρήσει τις υποχρεώσεις της και να θεσπίσει προγράμματα παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτων και διατήρησης της οικολογικής σύστασης των

νερών και να ενημερώσει την Ευρωπαϊκή Επιτροπή για την αποτελεσματικότητα των μέτρων που έλαβε (άρθρο 8 και 12).

- Άρθρο 13, που αναφέρεται στα Σχέδια Διαχείρισης Λεκάνης Απορροής Ποταμού, των οποίων η προθεσμία ολοκλήρωσης ήταν ο Δεκέμβριος 2009. Η Ελλάδα μόλις το 2010 προκήρυξε τις πρώτες μελέτες εκπόνησης των σχεδίων, για τις περιοχές λεκανών απορροής Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Ελλάδας. Οι καθυστερήσεις που έχει σημειώσει η χώρα στην εφαρμογή των διατάξεων έχουν οδηγήσει στην κίνηση της προδικαστικής διαδικασίας από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή τον Ιούνιο 2010 (Δανιλάκης, 2011).

Η μέχρι τώρα πορεία της χώρας μας καταδεικνύει την αδυναμία προσαρμογής της Ελλάδας στις επιταγές της Οδηγίας – Πλαίσιο, με αποτέλεσμα η επίτευξη ως το 2015 των στόχων για καλή ποιοτική και ποσοτική κατάσταση και αποτροπή της περαιτέρω υποβάθμισης όλων των υδάτων της χώρας, όπως αυτοί ορίζονται βάσει του Ν 3199/2003 και του ΠΔ 51/2007, να καθίσταται εξαιρετικά αμφίβολη. Κατά συνέπεια η ενοποίηση και συμπλήρωσή τους στο πνεύμα των διατάξεων της Οδηγίας θα απαιτήσει σημαντική προσπάθεια και αξιόλογο χρόνο (Ανδρεαδάκης, 2008).

|

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η διαχείριση και επεξεργασία των υγρών αποβλήτων άρχισε να αποτελεί σημαντικό πρόβλημα για τις αναπτυσσόμενες χώρες από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, ενώ σήμερα αποτελεί παγκόσμιο πρόβλημα. Η σημαντική αύξηση του πληθυσμού και η υπέρμετρη αύξηση των αστικών και βιομηχανικών υγρών αποβλήτων, όπως και η εντατική και αλόγιστη γεωργική καλλιέργεια, έχουν ρυπάνει σχεδόν όλους τους υδάτινους αποδέκτες και ταμιευτήρες.

Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων αποτελεί σημαντικό αντικείμενο της υδατικής ρύπανσης και γενικότερα της διαχείρισης των υδατικών πόρων και της προστασίας του περιβάλλοντος στις σημερινές κοινωνίες καθώς είναι σημαντικό μέτρο για τον περιορισμό των επιπτώσεων από την διάθεσή τους σε διάφορους αποδέκτες. Σήμερα, υπάρχει η απαραίτητη τεχνογνωσία και τεχνολογία για την πλήρη επεξεργασία σχεδόν κάθε μορφής υγρού αποβλήτου. Το υψηλό κόστος όμως αυτής της τεχνολογίας εμποδίζει την πλήρη και καθολική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Εκτός από το σημαντικό κόστος για τη κατασκευή και εγκατάσταση των συστημάτων επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, ιδιαίτερα σημαντικό και ίσως σημαντικότερο είναι το κόστος λειτουργίας τους. Αυτό συμβαίνει γιατί απαιτούνται ιδιαίτερα μεγάλα ποσά για την ενέργεια που καταναλώνεται, τα χημικά που προστίθενται κατά την διάρκεια των διεργασιών που πραγματοποιούνται αλλά και το εξειδικευμένο προσωπικό που απαιτείται για τη σωστή λειτουργία αυτών των συστημάτων. Έτσι, ανάλογα με το επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης κάθε χώρας είναι και το επίπεδο επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων της αλλά και κάθε μορφής αποβλήτων της γενικότερα.

Με τον γενικό όρο λύματα αναφερόμαστε είτε στα υγρά απόβλητα από τις κατοικίες (οικιακά λύματα) είτε στα υγρά απόβλητα από τις συνήθεις δραστηριότητες μιας πόλης (αστικά λύματα). Όταν τα υγρά απόβλητα μίας πόλης περιέχουν σημαντικά ποσοστά υγρών αποβλήτων τότε δεν ονομάζονται αστικά λύματα αλλά υγρά αστικά απόβλητα (Τσώνης, 2004).

Ως αστικά απόβλητα εννοούνται τα οικιακά απόβλητα, καθώς και άλλα απόβλητα που λόγω της φύσης ή της σύνθεσης τους είναι παρόμοια με τα οικιακά και τα οποία διέπονται από τις διατάξεις της ΚΥΑ 69728/824/1996.

Οικιακά λύματα είναι τα λύματα των κατοίκων και υπηρεσιών που προέρχονται κυρίως από τις λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού και τις εμπορικές δραστηριότητες (Μιχαλοπούλου, 2004).

2.1. Χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων

Τα υγρά απόβλητα περιέχουν διαφόρους τύπους ρύπων που βρίσκονται σε αιωρούμενη, κολλοειδή ή διαλυτή μορφή. Οι ρυπαντικές ουσίες εγκυμονούν κινδύνους για τους φυσικούς αποδέκτες με την απευθείας διάθεση των υγρών αποβλήτων, γι' αυτό πριν την διάθεση τους, υποβάλλονται σε κατάλληλη επεξεργασία.

Η ποιότητα των χαρακτηριστικών των λυμάτων θα πρέπει να είναι γνωστή, για να γίνει η αξιολόγηση των επιπτώσεων από τη διάθεση τους στους διάφορους αποδέκτες. Τα χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων διακρίνονται σε (Τσώνης, 2004):

- Φυσικά χαρακτηριστικά.
- Χημικά χαρακτηριστικά.
- Βιολογικά χαρακτηριστικά.

2.1.1. Φυσικά χαρακτηριστικά

Στα φυσικά χαρακτηριστικά περιλαμβάνονται: τα στερεά, η θερμοκρασία, το χρώμα, η οσμή, η πυκνότητα και η θολότητα.

Στερεά

Τα στερεά βρίσκονται αιωρούμενα ή διαλυμένα στη μάζα των αποβλήτων και αποτελούνται από οργανικά και ανόργανα συστατικά.

Τα ολικά στερεά (Total Solids - TS) ορίζονται ως το υπόλειμμα δείγματος αποβλήτων μετά από εξάτμιση τους στους 105°C και μετριοούνται σε mg/L.

Τα διαλυμένα στερεά (Dissolved Solids - DS) αναφέρονται στη συγκέντρωση των στερεών συστατικών που βρίσκονται σε διαλυμένη ή κολλοειδή μορφή στη μάζα των αποβλήτων και ορίζονται ως τα στερεά του δείγματος που περνούν μέσα από ειδικό χάρτινο φίλτρο (Κούγκολος, 2005).

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία των λυμάτων στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας έχει σημαντική επίπτωση στο ρυθμό των βιολογικών κυρίως αντιδράσεων. Η θερμοκρασία των λυμάτων στο δίκτυο υπονόμων είναι συνήθως υψηλότερη από τη θερμοκρασία του νερού ύδρευσης (Τσώνης, 2004).

Χρώμα

Το χρώμα είναι ενδεικτικό της ηλικίας και προέλευσης των αποβλήτων. Απόβλητα που δεν έχουν υποστεί σήψη έχουν γκρίζο χρώμα, ενώ εκείνα που έχουν υποστεί σήψη το χρώμα τους είναι μαύρο. Η αλλαγή χρώματος οφείλεται στην κατανάλωση διαλυμένου οξυγόνου από μικροοργανισμούς που διασπούν τις οργανικές ενώσεις των αποβλήτων (Κούγκολος, 2005).

Οσμή

Η οσμή των αστικών λυμάτων οφείλεται στην εκπομπή πτητικών συστατικών που περιέχονται στα λύματα ή προκύπτουν κατά τη αποδόμηση οργανικού τους κάτω από ανοξικές ή αναερόβιες συνθήκες. Η πιο χαρακτηριστική οσμή των σηπτικών λυμάτων είναι εκείνη από την έκλυση υδρόθειου (Τσώνης, 2004).

Πυκνότητα

Η πυκνότητα στα απόβλητα είναι σημαντική γιατί όταν αυτά φτάνουν σε σταθμούς επεξεργασίας, η πυκνότητα μπορεί να επηρεάσει τη διαδικασία καθίζησης. Η πυκνότητα των αστικών αποβλήτων, τα οποία δεν περιέχουν μεγάλες ποσότητες βιομηχανικών αποβλήτων, είναι ίδια με την πυκνότητα του νερού, στην ίδια θερμοκρασία. (Κούγκολος, 2005).

Θολότητα

Θολότητα εννοούμε την έλλειψη διαύγειας σε ένα υγρό δείγμα αποβλήτων που προκαλείται από τα διάφορα τεμαχίδια οργανικού και ανόργανου υλικού (αιωρούμενα ή κολλοειδή) τα οποία είναι διασπαρμένα στην υγρή μορφή τους. (Τσώνης, 2004).

2.1.2. Χημικά χαρακτηριστικά

Τα χημικά συστατικά στα λύματα αντικατοπτρίζουν και ένα πολύ μεγάλο αριθμό, από τις διάφορες χημικές ενώσεις που περιέχονται στα είδη που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος στη καθημερινή του ζωή καθώς και από τις ουσίες που απορρίπτονται από τον ανθρώπινο οργανισμό (Τσώνης, 2004).

Τα χημικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες:

Οργανικά Συστατικά

Τα κυριότερα οργανικά συστατικά των αποβλήτων σύμφωνα με τη Στάμου (2004):

- Οι πρωτεΐνες: είναι ενώσεις και αποτελούνται κυρίως από άνθρακα, υδρογόνο, οξυγόνο και άζωτο που αποσυντίθεται εύκολα.
- Οι υδρογονάνθρακες: περιέχουν άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο.
- Τα λιπίδια: είναι συστατικά των τροφών του ανθρώπου και είναι ενώσεις που αποτελούνται κυρίως από υδρογονάνθρακες που δεν διαλύονται στη μάζα των αποβλήτων. Τα πιο σημαντικά είναι τα λάδια και τα λίπη.
- Επιφανειακά ενεργές ουσίες: περιέχονται στα αστικά απόβλητα ως συστατικά των απορρυπαντικών, σαπουνιών κ.ά.
- Οι φαινόλες: περιέχονται σε βιομηχανικά απόβλητα και δεν διασπώνται από μικροοργανισμούς.
- Εντομοκτόνα και φυτοφάρμακα: είναι επικίνδυνες τοξικές ενώσεις και προέρχονται από τις απορροές γεωργικών περιοχών.

Η μέτρηση των οργανικών συστατικών των αποβλήτων είναι πρακτικά αδύνατη λόγω της πολύπλοκης σύστασης της. Έτσι ως μέτρο χρησιμοποιείται η ποσότητα οξυγόνου που χρειάζεται για να οξειδώσει πλήρως τα οργανικά συστατικά. Η απαιτούμενη ποσότητα εκφράζεται με τους παρακάτω δείκτες:

- Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD) : Είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την οξείδωση των οργανικών συστατικών των αποβλήτων από μικροοργανισμούς σε αερόβιες συνθήκες. Η διαδικασία αυτή είναι σχετικά αργή και ολοκληρώνεται σε 20 ημέρες (σε τελικά προϊόντα 95 - 99%) οπότε το προσδιοριζόμενο απαιτούμενο οξυγόνο καλείται τελικό BOD. Στην πράξη έχει επικρατήσει ο προσδιορισμός του BOD στις 5 ημέρες (BOD₅) όπου οξειδώνονται οι απλές οργανικές ουσίες που αντιπροσωπεύουν το 60-70% των συνολικών οργανικών ουσιών (Στάμου, 2004).

- Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD): είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την πλήρη χημική οξείδωση των αποβλήτων σε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και νερό (H₂O) από ισχυρό οξειδωτικό μέσο σε όξινες συνθήκες (Στάμου, 2004).
- Συνολικά απαιτούμενο οξυγόνο (TOD): Είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την χημική οξείδωση των οργανικών ουσιών σε τελικά σταθερά προϊόντα σε θερμοκρασία 900° C και με παρουσία καταλύτη (Κούγκολος, 2005).
- Θεωρητικά απαιτούμενο οξυγόνο (THOD) είναι το θεωρητικά απαιτούμενο οξυγόνο, μίας οργανικής ένωσης με πλήρη οξείδωση όλων των στοιχείων της ένωσης (Τσώνης, 2004).
- Συνολικός οργανικός άνθρακας (TOC) είναι ο συνολικός άνθρακας που περιέχουν όλες οι οργανικές ενώσεις και προσδιορίζεται με καύση σε υψηλή θερμοκρασία και μέτρηση της μάζας του CO₂ που προκύπτει (Τσώνης, 2004).

Ανόργανα Συστατικά

Στα λύματα υπάρχουν όλα τα συστατικά του νερού από το οποίο προέκυψαν, καθώς και επιπλέον συστατικά τα οποία εισάγονται κατά την παραγωγή τους. Ο προσδιορισμός των ανόργανων συστατικών γίνεται με την μέθοδο που ισχύει για τον έλεγχο της ποσότητας του νερού (Τσώνης, 2004).

Στα ανόργανα συστατικά περιλαμβάνονται (Στάμου, 2004):

- Το άζωτο: απαντάται με τις μορφές του αμμωνιακού αζώτου, του οργανικού αζώτου και του οξειδωμένου αζώτου και είναι σημαντικό για τον χαρακτηρισμό των αστικών λυμάτων και των υγρών αποβλήτων. Το αμμωνιακό άζωτο απαντάται στα λύματα είτε με τη μορφή αμμωνιακού ιόντος, είτε με την μορφή αμμωνίας. Η μορφή του εξαρτάται κυρίως από την τιμή του pH των λυμάτων. Το οργανικό άζωτο βρίσκεται υπό μορφή αζωτούχων οργανικών ενώσεων και προσδιορίζεται με αρχική χώνευση που έχει ως αποτέλεσμα την μετατροπή του σε ιόντα αμμωνίου και στη συνέχεια απόσταξη και μέτρηση του αμμωνιακού αζώτου στο συμπύκνωμα. Στις οξειδωμένες μορφές αζώτου ανήκει το άζωτο που βρίσκεται στη μορφή νιτρικών (NO₂) και των νιτρικών (NO₃). Ο προσδιορισμός των νιτρικών γίνεται μετά από φωτομετρική μέτρηση της απορρόφησης και των νιτρικών με την χρησιμοποίηση ιοντικού χρωματογράφου.

- Τα θειικά: απαντώνται στο πόσιμο νερό καθώς και στα λύματα. Η βιολογική μετατροπή των θεικών σε θειώδη και υδρόθειο γίνεται κάτω από αναερόβιες συνθήκες. Η παραγωγή του υδρόθειου γίνεται στους υπονόμους, όταν ο χρόνος παραμονής των λυμάτων είναι σχετικά μεγάλος (σηπτικά λύματα). Το υδρόθειο προκαλεί προβλήματα διάβρωσης στους αγωγούς αποχέτευσης.
- Ο φώσφορος: απαντάται στα αστικά λύματα με την μορφή ορθοφωσφορικών και πολυφωσφορικών ενώσεων (περιέχουν δύο ή περισσότερα άτομα φωσφόρου και συνδέονται μεταξύ τους, ανά δύο με ενδιάμεσο άτομο οξυγόνου) και ως οργανικός φώσφορος.
- Τα βαρέα μέταλλα: περιέχονται κατά κύριο λόγο στα βιομηχανικά αλλά και στα αστικά απόβλητα. Διάφορα ιόντα όπως Cu, Pb, Cr, As, Bo , Ag, Zn, Fe, Hg σε ορισμένες συγκεντρώσεις είναι τοξικά για διάφορους οργανισμούς, ενώ σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις είναι απαραίτητα για τη ζωή σε σημαντικά είδη μικροοργανισμών.

Άλλα δύο σημαντικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων είναι :

- Το pH: δηλώνει πόσο όξινο ή πόσο αλκαλικό είναι ένα διάλυμα. Η κλίμακα που μετριέται το pH (σχεδόν πάντα) είναι από 0 έως 14, με τιμές κάτω του 7 να δηλώνουν ότι το διάλυμα είναι περισσότερο όξινο, ενώ τιμές άνω του 7 ότι το διάλυμα είναι περισσότερο αλκαλικό. Το pH αναφέρεται στην συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου (H^+) και ιόντων υδροξυλίου (OH^-) τα οποία βρίσκονται σε ένα διάλυμα. (Γελαντζής, 2008). Είναι πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό των αποβλήτων και επηρεάζει σχεδόν όλες τις διαδικασίες επεξεργασίας (βιολογική, απολύμανση, επεξεργασία λάσπης) και μπορεί να δημιουργήσει φθορές σε αγωγούς και μηχανολογικό εξοπλισμό (Στάμου, 2004).
- Η αλκαλικότητα: στα απόβλητα είναι σημαντική γιατί ρυθμίζει το pH των αποβλήτων και επηρεάζει διάφορες επεξεργασίες (Στάμου, 2004).

Αέρια

Τα αέρια στα απόβλητα είναι το διαλυμένο οξυγόνο (DO) και το μεθάνιο (CH_4) (Κούγκολος, 2005). Συγκεκριμένα:

- Το διαλυμένο οξυγόνο (DO) είναι στοιχείο ελέγχου της ρύπανσης των υδατικών φορέων και πρέπει να είναι πάνω από ορισμένα επίπεδα σύμφωνα με τους κανονισμούς και ανάλογα με τη χρήση του νερού. Το διαλυμένο οξυγόνο είναι

απαραίτητο στις αερόβιες βιολογικές διαδικασίες για την οξείδωση των οργανικών ενώσεων.

- Το μεθάνιο (CH₄) σχηματίζεται κατά την αναερόβια αποσύνθεση οργανικών ενώσεων των αποβλήτων από ειδικούς μικροοργανισμούς. Είναι εύφλεκτο και προκαλεί έκρηξη στους αγωγούς αποχέτευσης και στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας.

2.1.3. Βιολογικά χαρακτηριστικά

Η σωστή διαχείριση του προβλήματος των αστικών λυμάτων προϋποθέτει γνώση των βιολογικών και μικροβιολογικών χαρακτηριστικών τους. Θα πρέπει να είναι γνωστή η τάξη μεγέθους της συγκέντρωσης των μικροοργανισμών στα αστικά λύματα, καθώς και η τύχη των παθογόνων μικροοργανισμών κατά τα διάφορα στάδια διαχείρισης τους, από το σημείο παραγωγής μέχρι την τελική τους διάθεση.

Οι μικροοργανισμοί αυτοί αναπτύσσονται στο σύστημα επεξεργασίας και είναι (Τσώνης, 2004):

- Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί, που μεταφέρονται αστικά λύματα με τα ούρα και τα κόπρανα των ασθενών ανθρώπων. Κύριες κατηγορίες παθογόνων μικροοργανισμών είναι τα βακτήρια, οι ιοί, τα πρωτόζωα και οι ελμίνθες (σκουλήκια που ζουν παρασιτικά στα έντερα).
- Τα κολοβακτηρίδια (μικροοργανισμοί εντερικής κυρίως προέλευσης) αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό στα λύματα. Επειδή ο προσδιορισμός των παθογόνων μικροοργανισμών στα υγρά απόβλητα είναι δύσκολος, ως δείκτης χρησιμοποιείται ο προσδιορισμός των κολοβακτηριδίων.

2.2. Μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Με τον όρο επεξεργασία λυμάτων εννοείται η οποιαδήποτε τεχνική επεξεργασία, με την οποία επιτυγχάνεται η τροποποίηση των χαρακτηριστικών των λυμάτων, με σκοπό την εξάλειψη ή μείωσης των δυσμενών συνεπειών από τη διάθεσή τους (Μιχαλοπούλου, 2004).

Οι μονάδες επεξεργασίας λυμάτων για να επιτύχουν τον επιθυμητό βαθμό καθαρισμού των λυμάτων από το αιωρούμενο και διαλυτό οργανικό υλικό, από το υγρό ρεύμα των

λυμάτων και την επεξεργασία της παραγόμενης λάσπης (ιλύος), ακολουθούν ορισμένα στάδια επεξεργασίας (Τσώνης, 2004).

Η επιλογή των διαφόρων σταδίων επεξεργασίας εξαρτάται από:

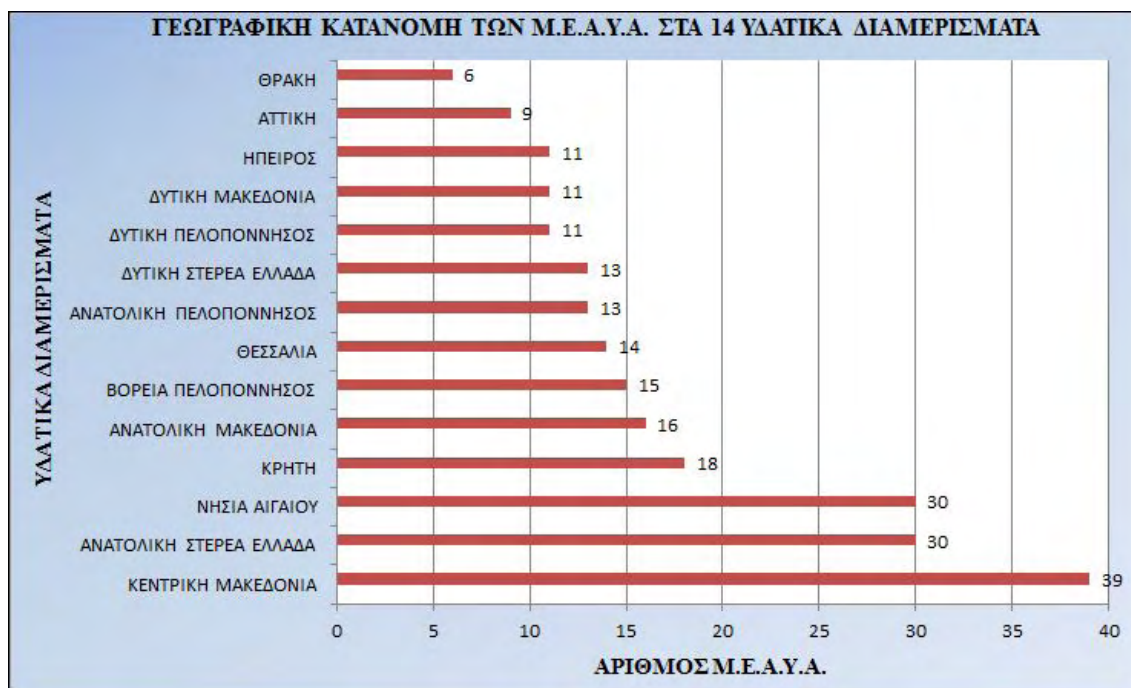
- Τα χαρακτηριστικά των λυμάτων που υποβάλλονται σε επεξεργασία.
- Τις προδιαγραφές που ισχύουν για τα χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων λυμάτων σε συνάρτηση με τον αποδέκτη.
- Τη δυναμικότητα της εγκατάστασης επεξεργασίας.
- Την ποσότητα και τα χαρακτηριστικά της λάσπης που προκύπτει στα διάφορα στάδια.
- Την εμπειρία του προσωπικού λειτουργίας.
- Την απαίτηση για ελαχιστοποίηση των δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων στη γύρω περιοχή.

Η παρακολούθηση της ποιότητας των εκροών των Μονάδων Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων, πριν από την διάθεση τους σε κάποιο αποδέκτη και τη διατήρηση τους σε αποδεκτά για τον αποδέκτη επίπεδα, επιβάλλεται από την οδηγία 91/271/ΕΕ του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων.

Σύμφωνα με την παραπάνω οδηγία ως τα τέλη του 1998 θα έπρεπε να είχαν δημιουργηθεί εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων σε όσους οικισμούς πάνω από 10,000 κατοίκους απέρριπταν τα λύματα σε οικολογικά ευαίσθητες περιοχές. Μέχρι το τέλος του 2000 θα έπρεπε να είχαν αποκτήσει εγκαταστάσεις βιολογικών καθαρισμών όλες οι πόλεις άνω των 15,000 κατοίκων και μέχρι το τέλος του 2005, θα έπρεπε όλοι οι οικισμοί με πληθυσμό από 2,000-15,000 κατοίκους να είχαν αποκτήσει τέτοιες εγκαταστάσεις.

Η αντιμετώπιση της ρύπανσης των υδατικών πόρων από τα απόβλητα γίνεται στις μονάδες επεξεργασία αστικών υγρών αποβλήτων (ΜΕΑΥΑ) οι οποίες έχουν σκοπό τον καθαρισμό των αστικών αποβλήτων από τα βλαβερά συστατικά που περιέχουν ώστε να διατεθούν ακίνδυνα στο περιβάλλον. Ως βλαβερά συστατικά των αποβλήτων θεωρούνται τα ογκώδη αντικείμενα όπως η άμμος, τα μικρού μεγέθους στερεά που αιωρούνται στη μάζα των αποβλήτων, τα οργανικά-φυσικά συστατικά (πρωτεΐνες, λίπη), οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και τα θρεπτικά στοιχεία (άζωτο, φώσφορος) (Στάμου, 2004).

Όσον αφορά τη γεωγραφική κατανομή όλων των ΜΕΑΥΑ που λειτουργούν στην Ελλάδα (ΥΠΕΚΑ, 2013), αυτή φαίνεται στο Γράφημα 2.1. Από την κατανομή προκύπτει ότι ο μεγαλύτερος αριθμός μονάδων βρίσκεται στις τουριστικές περιοχές (Κυκλάδες, Χαλκιδική, Κρήτη) καθώς η ανάγκη για καθαρότερο περιβάλλον είναι πιο άμεση. Αντίθετα, οι περιφέρειες της Θράκης, Αττικής και Ηπείρου υστερούν σε ΜΕΑΥΑ.



Γράφημα 2.1: Γεωγραφική κατανομή των ΜΕΑΥΑ ανά υδατικό διαμέρισμα

2.3. Στάδια επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Η επεξεργασία των αποβλήτων στις ΜΕΑΥΑ ακολουθεί τα εξής στάδια:

1. Προκαταρκτική επεξεργασία ή προεπεξεργασία.
2. Πρωτοβάθμια ή πρωτογενή επεξεργασία.
3. Δευτεροβάθμια ή δευτερογενή επεξεργασία.
4. Τριτοβάθμια ή τριτογενή επεξεργασία.

Στη συνέχεια ακολουθεί συνοπτική περιγραφή των σταδίων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

2.3.1. Προκαταρκτική επεξεργασία

Στην προκαταρκτική επεξεργασία γίνεται απομάκρυνση των ογκωδών αντικειμένων (εσχάρωση), της άμμου (εξάμμωση) και των λιπών (λιποσυλλογή) από την υγρή μάζα των αποβλήτων, η μέτρηση της παροχής και η υποδοχή των βοθρολυμάτων (Στάμου, 2004).

Ο κύριος ρόλος της εσχάρωσης είναι η απομάκρυνση των σωματιδίων μεγάλου μεγέθους από τη ροή, τα οποία θα μπορούσαν (Γελατζής, 2008):

- Να προκαλέσουν ζημιά στον εξοπλισμό της εγκατάστασης στα επόμενα στάδια.
- Να ελαττώσουν την συνολική αξιοπιστία και αποτελεσματικότητα της εγκατάστασης. Η απόδοση των εσχάρων εξαρτάται από τα διάκενα μεταξύ των παράλληλων μπαρών. Οι εσχάρες μπορεί να χωριστούν σε:
 - Λεπτές εσχάρες με διάκενα 3-10mm.
 - Μεσαίες εσχάρες με διάκενα 10-25mm.
 - Χοντρές εσχάρες με διάκενα 50-100mm.

Στην εξάμμωση γίνεται απομάκρυνση των κόκκων άμμου, των σωματιδίων αργίλου ή των άλλων σωματιδίων γεωλογικής ή όχι υφής. Η απομάκρυνση των σωματιδίων αυτών είναι απαραίτητη γιατί η παραμονή τους δημιουργεί προβλήματα στον πυθμένα των αγωγών, φράξιμο κ.ά.

Κατά την λιποσυλλογή γίνεται απομάκρυνση των ελαίων και των λιπών για την αποφυγή προβλημάτων στο στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας.

Η εξισορρόπηση ροής είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για να αντιμετωπίσει τα προβλήματα λειτουργίας που προκαλούνται από τις διακυμάνσεις στην παροχή, για να βελτιωθεί η απόδοση των διεργασιών και για να μειωθεί το μέγεθος και το κόστος των διατάξεων επεξεργασίας. Η εξισορρόπηση ροής είναι η εξομάλυνση των διακυμάνσεων στην παροχή έτσι ώστε να επιτευχθεί μια σταθερή ή σχεδόν σταθερή παροχή και μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα μεγάλο αριθμό διαφορετικών περιπτώσεων, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του συστήματος συλλογής. (Γελατζής, 2008). Με βάση την παροχή ρυθμίζεται συνήθως η λειτουργία της διάταξης συλλογής, η απομάκρυνση και στράγγιση της άμμου του αεριζόμενου εξάμμωτη και των μονάδων που χρησιμοποιούν χημικά (Στάμου, 2004).

Σκοπός της υποδοχής βοθρολυμάτων είναι η παραλαβή των βοθρολυμάτων από τα βυτιοφόρα, η αποθήκευση τους και η διοχέτευση τους στην ΜΕΑΥΑ, χωρίς να δημιουργούνται περιβαλλοντικές επιπτώσεις και διαταραχές (Στάμου, 2004).

2.3.2. Πρωτοβάθμια επεξεργασία

Σκοπός της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας είναι η απομάκρυνση των στερών από τα απόβλητα. Περιλαμβάνει την καθίζηση (πρωτοβάθμια καθίζηση) ή επίπλευση και χημική επεξεργασία (κροκίδωση με καθίζηση). Κατά την πρωτοβάθμια επεξεργασία απομακρύνεται ένα σημαντικό ποσοστό (50 - 70%) από τα αιωρούμενα στερεά (SS) των αποβλήτων και ένα μικρότερο ποσοστό (25 - 40%) από το οργανικό τους φορτίο (BOD_5). Με βάση την οδηγία 91/271/ΕΕ ονομάζεται πρωτοβάθμια επεξεργασία η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων με φυσική ή και χημική μέθοδο με την οποία μειώνεται το BOD_5 των εισερχόμενων υγρών αποβλήτων τουλάχιστον κατά 20% και τα αιωρούμενα στερεά τουλάχιστον κατά 50% (Κούγκολος, 2005).

Η καθίζηση είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό αιωρούμενων σωματιδίων που είναι βαρύτερα από το νερό με τη δράση της βαρύτητας. Μια δεξαμενή καθίζησης μπορεί να αναφέρεται επίσης ως διαυγαστής ή δεξαμενή κατακάθισης. Η επιταχυνόμενη καθίζηση με βαρύτητα περιλαμβάνει την απομάκρυνση των σωματιδίων σε αιώρηση με καθίζηση λόγω βαρύτητας, σε πεδίο επιταχυνόμενης ροής. Η καθίζηση χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση άμμου, των ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS) σε εγκαταστάσεις πρωτοβάθμιας καθίζησης, για την απομάκρυνση χημικών κροκίδων σε δεξαμενές καθίζησης ενεργού ιλύος και για την απομάκρυνση χημικών κροκίδων όταν χρησιμοποιείται η διεργασία της χημικής κροκίδωσης. Η καθίζηση χρησιμοποιείται επίσης για την πύκνωση των στερεών σε παχυντές λάσπης. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ο πρωταρχικός σκοπός είναι η παραγωγή μιας διαυγασμένης εκροής, ενώ είναι επίσης σημαντικό να παραχθεί λάσπη με μια συγκέντρωση στερεών που να μπορεί να διαχειριστεί και να επεξεργαστεί εύκολα (Γελατζής, 2008). Τρία είδη καθίζησης αναγνωρίζονται ανάλογα με τη φύση των στερεών που βρίσκονται σε αιώρηση (Κούγκολος, 2005):

- Καθίζηση διακεκριμένων σωματιδίων, δηλαδή τα σωματίδια που καθιζάνουν δεν συνενώνονται με άλλα σωματίδια και διατηρούν τις φυσικές τους ιδιότητες.

- Καθίζηση συσσωματωμένων στερεών, όπου η συσσωμάτωση των σωματιδίων που καθιζάνουν συνοδεύεται από αλλαγές στην πυκνότητα και στην ταχύτητα καθίζησης.
- Καθίζηση ζώνης ή εμποδισμένη καθίζηση, όπου τα σωματίδια δημιουργούν ένα πλέγμα που καθιζάνει ενιαία δημιουργώντας μία διεπιφάνεια στην υγρή φάση.

Η επίπλευση είναι μια διεργασία που χρησιμοποιείται για να διαχωριστούν στερεά ή υγρά σωματίδια από μια υγρή φάση. Ο διαχωρισμός προκαλείται από την εισαγωγή αερίων φυσαλίδων (συνήθως αέρα) μέσα στην υγρή φάση. Οι φυσαλίδες προσκολλώνται στη σωματιδιακή ύλη και η άνωση των συνδυασμένων σωματιδίων και αερίων φυσαλίδων είναι αρκετή για να προκαλέσει την άνοδο του σωματιδίου στην επιφάνεια. Έτσι μπορούν να ανυψωθούν τα σωματίδια που έχουν υψηλότερη πυκνότητα από το υγρό. Μπορεί επίσης να διευκολυνθεί η άνοδος των σωματιδίων με μικρότερη πυκνότητα από το υγρό. Στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων, η επίπλευση χρησιμοποιείται κυρίως για να απομακρυνθούν αιωρούμενα υλικά και για την συμπύκνωση των βιοστερεών. Τα κύρια πλεονεκτήματα της επίπλευσης ως προς την καθίζηση είναι ότι τα πολύ μικρά ή ελαφρά σωματίδια που καθιζάνουν αργά μπορούν να απομακρυνθούν πλήρως σε μικρό χρονικό διάστημα. Μόλις τα σωματίδια επιπλεύσουν στην επιφάνεια, μπορούν να συλλεχθούν με μια διεργασία εξαφρισμού. Η σημερινή πρακτική της επίπλευσης όπως εφαρμόζεται στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων, περιορίζεται στη χρήση αέρα ως μέσου επίπλευσης. Οι φυσαλίδες αέρα προστίθενται ή σχηματίζονται είτε με εισαγωγή αέρα ενώ το υγρό είναι υπό πίεση και ακολουθεί εκτόνωση της πίεσης (επίπλευση διαλυμένου αέρα), είτε με αερισμό σε ατμοσφαιρική πίεση. Σε αυτά τα συστήματα, ο βαθμός της απομάκρυνσης μπορεί να βελτιωθεί με τη χρήση διαφόρων χημικών πρόσθετων. Στην επεξεργασία αστικών λυμάτων, χρησιμοποιείται συνήθως η επίπλευση διαλυμένου αέρα, ιδιαίτερα για την πάχυνση απορριπτόμενων βιοστερεών (Γελατζής, 2008).

2.3.3. Δευτεροβάθμια επεξεργασία

Σκοπός της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας είναι η απομάκρυνση των οργανικών ουσιών των αποβλήτων με βιολογικές διεργασίες στις οποίες χρησιμοποιούνται μικροοργανισμοί οι οποίοι αναπαράγονται καταναλώνοντας τις οργανικές ουσίες και

στη συνέχεια απομακρύνονται από τα απόβλητα με καθίζηση ή κάποια άλλη διαδικασία (Κούγκολος, 2005).

Στη δευτεροβάθμια επεξεργασία τα επεξεργασμένα λύματα έχουν υποστεί σημαντική αφαίρεση οργανικού υλικού (80 - 85 %) με τη βοήθεια μικροοργανισμών σε διεργασίες αιωρούμενης βιομάζας (ενεργός ιλύς) ή προσκολλημένης βιομάζας (ύπαρξη πληρωτικού υλικού πάνω στο οποίο αναπτύσσονται οι μικροοργανισμοί που συμμετέχουν στην επεξεργασία (Τσώνης, 2004).

Για την επεξεργασία λυμάτων οικισμών μεσαίου και μεγάλου μεγέθους (με ισοδύναμο πληθυσμό τουλάχιστον 10,000 κατοίκους) στην Ελλάδα χρησιμοποιείται αποκλειστικά η μέθοδος ενεργού ιλύος και το σύστημα περιλαμβάνει (Κούγκολος, 2005):

- Τη δεξαμενή αερισμού, όπου οι μικροοργανισμοί καταναλώνουν τις οργανικές ουσίες χρησιμοποιώντας το οξυγόνο το οποίο τροφοδοτείται στα απόβλητα με ανάδευση ή άλλων διατάξεων αερισμού.
- Τη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης, όπου οι παραγόμενοι μικροοργανισμοί καθιζάνουν και απομακρύνονται με τη μορφή λάσπης. Μέρος της λάσπης αυτής ανακυκλοφορεί στη δεξαμενή αερισμού, ενώ το υπόλοιπο οδηγείται στη γραμμή επεξεργασίας της ιλύος.

Όταν το υπολειπόμενο χλώριο δημιουργεί προβλήματα (ψάρια, υδρόβια ζωή, βλάστηση) ακολουθεί αποχλωρίωση, πριν από την τελική διάθεση. Σε μερικές περιπτώσεις η απολύμανση γίνεται χωρίς τη χρησιμοποίηση χλωρίου και γίνεται η με όζον η με υπεριώδη ακτινοβολία. Η αφαίρεση θρεπτικών συστατικών (αζώτου και φωσφόρου) απαιτεί επιπλέον διεργασίες η επιπλέον στάδια στη δευτεροβάθμια επεξεργασία. Για την καλύτερη αφαίρεση των αιωρούμενων στερεών, σε μερικές περιπτώσεις γίνεται διύλιση των λυμάτων που έχουν υποστεί δευτεροβάθμια επεξεργασία (Τσώνης, 2004).

2.3.4. Τριτοβάθμια επεξεργασία

Σκοπός της τριτοβάθμιας ή προχωρημένης επεξεργασίας είναι η απομάκρυνση ορισμένων ρυπαντικών ουσιών, που δεν έχουν απομακρυνθεί στα προηγούμενα στάδια επεξεργασίας. Η τριτοβάθμια επεξεργασία δεν κρίνεται απαραίτητη, εκτός από την περίπτωση που η επεξεργασία των λυμάτων έχει σαν στόχο την επαναχρησιμοποίηση. (Κούγκολος, 2005).

Η τριτοβάθμια επεξεργασία αποβλέπει στη βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των λυμάτων ώστε να είναι δυνατή η αποτελεσματική απολύμανση και εξασφαλίζει (Γελατζής, 2008):

- τη μείωση στο ελάχιστο των τιμών της συγκέντρωσης των αιωρούμενων στερεών.
- την πρόσθετη απομάκρυνση των οργανικών ενώσεων.
- την ποιοτική αναβάθμιση της οπτικής εμφάνισης των λυμάτων με τη μείωση της θολότητας.
- τη μείωση των παθογόνων ώστε να πληρούνται τα απαιτούμενα όρια.

2.4. Οδηγίες και κριτήρια επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων

Το γεγονός ότι τα τελευταία 70 χρόνια ο πληθυσμός της γης έχει τριπλασιαστεί ενώ η κατανάλωση νερού έχει εξαπλασιασθεί σε συνδυασμό με την κοινή αντίληψη ότι το νερό αποτελεί ένα ανεξάντλητο πόρο, αλλά και άλλοι παράγοντες όπως η ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων νερών, η άνιση κατανομή των υδατικών πόρων και οι περιοδικές ξηρασίες, έχουν οδηγήσει τους οργανισμούς ύδρευσης σε αναζήτηση νέων πηγών υδάτινων αποθεμάτων (Metcalf & Eddy, 2007).

Σήμερα οι προχωρημένες τεχνικές επεξεργασίας λυμάτων, παρέχουν τη δυνατότητα παραγωγής νερού σχεδόν οποιασδήποτε επιθυμητής ποιότητας κάνοντας την ιδέα της επαναχρησιμοποίησης κατάλληλα επεξεργασμένων αστικών ή βιομηχανικών λυμάτων να μοιάζει ιδιαίτερα ελκυστική καθώς προσφέρει ταυτόχρονα εξοικονόμηση υδατικών πόρων, προστασία του περιβάλλοντος και οικονομικά οφέλη. Παράλληλα όμως προϋποθέτει έναν ολοκληρωμένο και ορθολογικό σχεδιασμό, που λαμβάνει υπόψη τους ενδεχόμενους κινδύνους και περιορισμούς κυρίως για θέματα προστασίας του περιβάλλοντος και δημόσιας υγείας.

Ο όρος «επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων» συχνά συγχέεται με τις έννοιες ανακύκλωση ή ανάκτηση υγρών αποβλήτων και επειδή το ευρύ κοινό συχνά δεν αντιλαμβάνεται την ποιοτική διαφορά μεταξύ επεξεργασμένων και μη επεξεργασμένων υγρών απόβλητων, αρκετές κοινότητες έχουν απλουστεύσει τον όρο ως «επαναχρησιμοποίηση ύδατος», η οποία δημιουργεί το μια θετικότερη εντύπωση.

Για κάθε ωφέλιμη χρήση των εκροών επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων απαιτείται συγκεκριμένη ποιότητα νερού, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι πιθανοί κίνδυνοι για τη δημόσια υγεία και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον. Αυτοί τελικά προσδιορίζουν τις απαιτούμενες διεργασίες και τεχνολογίες επεξεργασίας και φυσικά το απαιτούμενο κόστος. Επομένως, κάθε τύπος επαναχρησιμοποίησης απαιτεί ιδιαίτερα κριτήρια. Ειδικότερα, στην περίπτωση της επαναχρησιμοποίησης για άρδευση, επικρατεί έντονος προβληματισμός για τα κριτήρια ποιότητας, που πρέπει να εφαρμόζονται, κυρίως όσον αφορά στους παθογόνους οργανισμούς και πως αυτά μπορούν να διαφοροποιηθούν ανάλογα με τη μέθοδο άρδευσης και την προοριζόμενη χρήση της αρδευόμενης καλλιέργειας. Οι βιομηχανικές χώρες προβάλλουν αυστηρές προδιαγραφές για την ποιότητα του νερού (συγκρίσιμες με αυτές του πόσιμου νερού), με τη βεβαιότητα ότι οι πιο ακριβές τεχνολογίες εξασφαλίζουν πιο υγιεινό νερό. Αντίθετα, οι αναπτυσσόμενες χώρες που μαστίζονται από σοβαρή έλλειψη νερού και έλλειψη πόρων, επιδιώκουν με την εκπόνηση επιδημιολογικών μελετών να υπερασπιστούν και να υιοθετούν τις ισχύουσες, λιγότερο αυστηρές, οδηγίες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO) (Αγγελάκης και Παρανυχιανάκης, 2005).

Όσον αφορά στη θέσπιση οδηγιών ή κανονισμών, που αφορούν την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων οι κυριότεροι παράγοντες μπορούν να συνοψισθούν ως εξής (Αγγελάκης και Παρανυχιανάκης, 2005):

- Προστασία δημόσιας υγείας: Το σύνολο των οδηγιών επαναχρησιμοποίησης επικεντρώνονται στη προστασία της δημόσιας υγείας. Σε περιπτώσεις μη πόσιμων χρήσεων, οι κανονισμοί αναφέρονται κυρίως στα όρια παθογόνων οργανισμών στο ανακυκλωμένο νερό. Ωστόσο, όταν σχεδιάζεται επαναχρησιμοποίηση για έμμεση πόση ή για εμπλουτισμό υδροφορέων που χρησιμοποιούνται για ύδρευση, τα επίπεδα διάφορων τοξικών οργανικών ενώσεων λαμβάνονται υπόψη θέτοντας μέγιστα όρια και απαιτούμενες διεργασίες επεξεργασίας πριν από την εφαρμογή.
- Απαιτήσεις ποιότητας ανάλογα με την χρήση: Ανάλογα με την προοριζόμενη χρήση του η ποιότητα του ανακυκλωμένου νερού πρέπει να πληροί ορισμένα φυσικοχημικά κριτήρια. Όσον αφορά την άρδευση, ορισμένα συστατικά που βρίσκονται στο αρδευτικό νερό μπορούν να επιδράσουν αρνητικά στην ανάπτυξη των αρδευόμενων καλλιεργειών ή καλλωπιστικών φυτών το έδαφος

και τους υποκείμενους υδροφορείς. Ωστόσο, όρια φυσικοχημικών παραμέτρων σπάνια συμπεριλαμβάνονται στα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης.

- Περιβαλλοντικές θεωρήσεις: Οι εκροές υγρών αποβλήτων δεν θα πρέπει να εγκυμονούν κινδύνους στην φυσική πανίδα και χλωρίδα στην περιοχή που γίνεται εφαρμογή τους. Ακόμη, φυσικοί υδατικοί αποδέκτες που δέχονται εκροές υγρών αποβλήτων δεν θα πρέπει να υποβαθμίζονται ποιοτικά.
- Αισθητικοί λόγοι: Οι εκροές υγρών αποβλήτων που προορίζονται για χρήσεις, όπως άρδευση πάρκων, καθαρισμό τουαλετών ή ψυχαγωγία, θα πρέπει να είναι διαυγείς, άχρωμες και άοσμες να μην ευνοούν την ανάπτυξη αλγών.
- Πολιτικοί λόγοι: Νομοθετικές αποφάσεις, που σχετίζονται με την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων επηρεάζονται από την υδατική πολιτική, την τεχνολογική εφαρμογή και το κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης των αναγκαίων έργων. Παρόλο, που οι νομοθετικές υπηρεσίες λαμβάνουν υπόψη το κόστος που συνεπάγονται οι κανονισμοί στις μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων και στους χρήστες, αυτό δεν πρέπει να είναι σε βάρος της υγείας των πολιτών και της προστασίας του περιβάλλοντος.

2.4.1. Προτεινόμενα όρια από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) προώθησε την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων στη γεωργία ως αποτέλεσμα του ενδιαφέροντος ως προς τη δυνατότητα εφαρμογής της στις αναπτυσσόμενες χώρες. Στη πρώτη του προσπάθεια να εκδώσει οδηγία για την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων το 1971, κάλυψε ένα σημαντικά ευρύτερο πεδίο εφαρμογών επαναχρησιμοποίησης, το οποίο περιλάμβανε επαναχρησιμοποίηση λυμάτων σε χρήσεις αναψυχής καθώς και σε αστικές εφαρμογές που δεν προορίζονται για πόση.

Το 1989, με την υποστήριξη της Παγκόσμιας Τράπεζας και άλλων διεθνών οργανισμών και λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως η μέθοδος επεξεργασίας, ο τύπος των καλλιεργειών, η μέθοδος άρδευσης και η έκθεση του κοινού σε παθογόνους οργανισμούς, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας κατέληξε στα εξής συμπεράσματα (ΕΜΠ, 2004):

- Η άρδευση με ακατέργαστα λύματα και χωρίς λήψη προληπτικών μέτρων εμπεριέχει υψηλό κίνδυνο μετάδοσης ασθενειών.

- Η εφαρμογή μερικής επεξεργασίας των λυμάτων ή η λήψη μέτρων για την αποφυγή της ανθρώπινης επαφής με τους παθογόνους μικροοργανισμούς μειώνει τον κίνδυνο, ο οποίος όμως, αν και χαμηλός, εξακολουθεί να υπάρχει.
- Αποτελεσματικό μέτρο αποτελεί η εφαρμογή της άρδευσης σε συγκεκριμένους τύπους καλλιεργειών και κυρίως σε καλλιέργειες που δεν παράγουν προϊόντα που καταναλώνονται ωμά.
- Αποτελεσματικό μέτρο αποτελεί η επιλογή κατάλληλης μεθόδου εφαρμογής των επεξεργασμένων λυμάτων και συγκεκριμένα η εφαρμογή τους στο υπέδαφος.
- Η πλήρης επεξεργασία των λυμάτων αποτελεί το αποτελεσματικότερο εργαλείο για την πρόληψη μετάδοσης ασθενειών, χωρίς στην περίπτωση αυτή να είναι αναγκαίος ο περιορισμός του είδους των καλλιεργειών που θα αρδευτούν.

Το 1995 ο κανονισμός αναθεωρήθηκε ώστε να συμπεριλάβει στοιχεία σχετικά με την παρουσία μετάλλων και οργανικών ουσιών. Ο εν ισχύ κανονισμός, αφορά στα όρια και κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για άρδευση, χωρίς ειδική αναφορά σε εναλλακτικές μεθόδους επαναχρησιμοποίησης λυμάτων, όπως ο εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων (ΕΜΠ, 2004).

Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται τα μικροβιολογικά κριτήρια του WHO αναφορικά με την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για άρδευση.

Πίνακας 2.1: Προτεινόμενα μικροβιολογικά κριτήρια ποιότητας για χρησιμοποίηση ανακτημένων λυμάτων στη γεωργία από το WHO (Πηγή: WHO, 1989)

Είδος άρδευσης	Εκτιθέμενη ομάδα	Εντερικοί νηματοειδείς ^α (γεωμετρικός μέσος αυτών/L) ^β	Περιττωματικά Κολοβακτηρίδια (FC) (γεωμετρικός μέσος / 100mL) ^β	Επεξεργασία που αναμένεται να επιτύχει την απαιτούμενη Μικροβιολογική ποιότητα
Άρδευση καλλιεργειών με προϊόντα που τρώγονται ωμά,	Εργάτες Καταναλωτές	<1	<1000	Σειρά λιμνών οξείδωσης που επιτυγχάνει την απαιτούμενη μικροβιολογική ποιότητα, ή άλλη ισοδύναμη επεξεργασία
άρδευση γηπέδων και δημοσίων πάρκων ^γ	Κοινό			

Πίνακας 2.1: Προτεινόμενα μικροβιολογικά κριτήρια ποιότητας για χρησιμοποίηση ανακτημένων λυμάτων στη γεωργία από το WHO (συνέχεια) (Πηγή: WHO, 1989)

Είδος άρδευσης	Εκτιθέμενη ομάδα	Εντερικοί νηματοειδείς ^α (γεωμετρικός μέσος αυτών/L) ^β	Περιττωματικά Κολοβακτηρίδια (FC) (γεωμετρικός μέσος / 100mL) ^γ	Επεξεργασία που αναμένεται να επιτύχει την απαιτούμενη Μικροβιολογική ποιότητα
Άρδευση δημητριακών βιομηχανικών καλλιεργειών, ζωοτροφών, βοσκοτόπων και δένδρων ^δ	Εργάτες	<1	Δεν τίθενται όρια	Παραμονή σε λίμνες σταθεροποίησης για 8-10 ημέρες ή ισοδύναμη απομάκρυνση περιττωματικών κολοβακτηριδίων
Ομοίως με την προηγούμενη κατηγορία, με εξασφάλιση μη έκθεσης εργαζομένων και κοινού	Καμία	Δεν έχουν εφαρμογή	Δεν έχουν εφαρμογή	Προεπεξεργασία έτσι όπως απαιτείται από την τεχνολογία του συστήματος άρδευσης, αλλά πάντως όχι μικρότερη από πρωτοβάθμια
<p>^α Τα είδη <i>Ascaris</i> και <i>Trichuris</i> ^β Κατά την περίοδο της άρδευσης ^γ Σε γκαζόν όπου υπάρχει πρόσβαση κοινού π.χ. ξενοδοχεία, πρέπει να εφαρμόζεται το αυστηρότερο κριτήριο των 200 FC/100mL ^δ Στην περίπτωση οπωροφόρων δένδρων, η άρδευση θα πρέπει να σταματά δύο εβδομάδες πριν από την συλλογή των φρούτων, ενώ δεν πρέπει να συλλέγονται φρούτα από το έδαφος. Επίσης δεν θα πρέπει να εφαρμόζεται άρδευση με καταιονισμό</p>				

Όσον αφορά στους παθογόνους μικροοργανισμούς, αρχικά απαιτείται διαχωρισμός μεταξύ περιορισμένης και απεριόριστης άρδευσης βάσει των αρδευόμενων καλλιεργειών και του τρόπου εφαρμογής του νερού. Η περιορισμένη άρδευση αφορά σε καλλιέργειες όπως δάση, εκτάσεις όπου δεν αναμένεται πρόσβαση του κοινού, καλλιέργειες ζωοτροφών, βιομηχανικές καλλιέργειες, λιβάδια, δέντρα (συμπεριλαμβανομένων των οπωροφόρων με την προϋπόθεση ότι κατά τη συλλογή οι καρποί δεν βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος), καλλιέργειες σπόρων και καλλιέργειες που παράγουν προϊόντα τα οποία υποβάλλονται σε περαιτέρω επεξεργασία πριν την

κατανάλωσή τους. Ως προς τους τρόπους εφαρμογής του νερού, η μέθοδος του καταιονισμού δεν επιτρέπεται. Η απεριόριστη άρδευση μεταξύ άλλων, αφορά σε όλα τα άλλα είδη καλλιεργειών όπως λαχανικά, αμπέλια, ή καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά, θερμοκήπια. Κατά την απεριόριστη άρδευση επιτρέπονται διάφορες μέθοδοι εφαρμογής του νερού συμπεριλαμβανομένου του καταιονισμού (Ανδρεαδάκης κ.α., 2003).

Οι συνιστάμενες από το WHO μέγιστες αποδεκτές συγκεντρώσεις οργανικών ουσιών ή μετάλλων στο έδαφος, όπου χρησιμοποιείται νερό άρδευσης που προέρχεται από ανάκτηση λυμάτων παρουσιάζονται στους Πίνακες 2.2 και 2.3.

Πίνακας 2.2: Προτεινόμενα όρια για οργανικές ουσίες στο έδαφος (Πηγή: ΕΜΠ, 2004)

Οργανικές ενώσεις	Συγκέντρωση στο έδαφος (mg/kg DW)
Aldrin	0.2
Benzene	0.03
Benzo(a)pyrene	3
Chlorodane	0.3
Chlorobenzene	Ανεπαρκή Στοιχεία
Chloroform	2
Dichlorophenols	Ανεπαρκή Στοιχεία
2,4-D	10
DDT	Ανεπαρκή Στοιχεία
Dieldrin	0.03
Heptachlor	1
Hexachlorobenzene	40
Hexachloroethane	2
Pyrene	480
Lindane	0.6
Methoxychlor	20
Pentachlorophenol	320
PCBs	30
Tetrachloroethane	4
Tetrachloroethylene	250
Toluene	50
Toxaphene	9
2,4,5-T	Ανεπαρκή Στοιχεία
2,3,7,8 TCDD	30

Πίνακας 2.3: Προτεινόμενα όρια για μέταλλα στο έδαφος (Πηγή: ΕΜΠ, 2004)

Μέταλλο	Συγκέντρωση στο έδαφος (mg/kg DW)
Αρσενικό	9
Βάριο	2900
Βηρύλλιο	20
Κάδμιο	7
Χρόμιο	3200
Φθόριο	2600
Μόλυβδος	150
Υόδαργυρος	5
Νικέλιο	850
Σελήνιο	140
Σίδηρος	3

Τα συγκεκριμένα όρια αναφέρονται σε συγκεντρώσεις ρύπων στο έδαφος, καθώς η απορρόφηση των ρύπων από τις καλλιέργειες σχετίζεται με τις συγκεντρώσεις αυτών στο έδαφος, ενώ συνυπολογίζονται οι υπάρχουσες στη φύση συγκεντρώσεις τους.

Η κύρια φιλοσοφία των οδηγιών εστιάζεται στα όρια που θέτουν, ως εγγύηση για την ασφάλεια του νερού, που χρησιμοποιείται για άρδευση, έχουν όμως υποστεί κριτική από τις αναπτυγμένες χώρες, αφού θεωρούνται αρκετά ελαστικά. Όμως, πρέπει να γίνει κατανοητό ότι προκειμένου να έχουμε απευθείας επαναχρησιμοποίηση των ανεπεξέργαστων υγρών αποβλήτων, οι προδιαγραφές του WHO αποτελούν ένα αρχικό θετικό βήμα (Αγγελάκης και Παρανυχιανάκης, 2005).

2.4.2. Προτεινόμενα όρια από τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας

Ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) των Ηνωμένων Εθνών, όσον αφορά τους παθογόνους μικροοργανισμούς, προτείνει τα μικροβιολογικά κριτήρια που προτάθηκαν από το WHO, για να εξασφαλίσουν την προστασία της δημόσιας υγείας. Όμως αν και εφαρμόζεται το ίδιο επίπεδο μικροβιολογικής ποιότητας δεν εξασφαλίζεται απαραίτητα το ίδιο επίπεδο προστασίας όταν υπάρχει άμεση άρδευση επεξεργασμένων λυμάτων και έμμεση άρδευση μερικώς επεξεργασμένων ή και ανεπεξέργαστων λυμάτων που αραιώνονται σε νερά ποταμών, ιδίως όταν πρόκειται για αυγά εντερικών μικροοργανισμών ή άλλες βακτηριολογικές παραμέτρους.

Εκτός από την αντιμετώπιση των κινδύνων δημόσιας υγείας που πηγάζουν από τη χρήση επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση, ο FAO έχει προτείνει μια σειρά

παραμέτρων κατατάσσοντας το νερό άρδευσης σε διάφορες κατηγορίες ποιότητας (Πίν. 2.4) βάσει της αλατότητας, της διαπερατότητας, της τοξικότητας και άλλων κινδύνων, έτσι ώστε ο χρήστης να καθοδηγείται για τα πιθανά πλεονεκτήματα αλλά και προβλήματα που αφορούν τη χρήση του.

Η γενική αυτή κατηγοριοποίηση αφορά κατά κύριο λόγο τη χρήση συμβατικών πηγών αρδευτικού νερού. Ωστόσο θεωρείται εξίσου εφαρμόσιμη και στη περίπτωση αξιολόγησης της ποιότητας λυμάτων για άρδευση, ως προς χημικά στοιχεία όπως π.χ. διαλυτά άλατα, σχετική περιεκτικότητα νατρίου και τοξικά ιόντα (ΕΜΠ, 2004).

Πίνακας 2.4: Οδηγίες για την εκτίμηση της ποιότητας του νερού που χρησιμοποιείται για άρδευση (Πηγή: FAO, 1985)

Πιθανό πρόβλημα κατά την άρδευση	Μονάδες	Βαθμός περιορισμών κατά την εφαρμογή		
		Μηδανινός	Μικρός-Μέτριος	Σημαντικός
<u>Αλατότητα</u>				
EC _w ή	dS/m	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3,0
TDS (ολικά διαλυμένα στερεά)	mg/L	< 450	450 – 2000	> 2000
<u>Διαπερατότητα</u>				
SAR = 0 - 3 και EC _w		> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
3 - 6		> 1,2	1,2 – 0,3	< 0,3
6 - 12		> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
12 - 20		> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
20 - 40		> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
<u>Ειδική τοξικότητα ιόντων</u>				
<i>Νάτριο (Na)</i>				
Επιφανειακή άρδευση	SAR	< 3	3 – 9	> 9
Καταιονισμός	meq/L	< 3	> 3	
<i>Χλωριόντα (Cl)</i>				
Επιφανειακή άρδευση	meq/L	< 4	4 – 10	> 10
Καταιονισμός	meq/L	< 3	> 3	
Υπολειμματικό χλώριο (καταιονισμός)	mg/L	< 1	1 – 5	> 5
<i>Βόριο (B)</i>	mg/L	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3,0
<u>Άλλες επιπτώσεις</u>				
Άζωτο (NO ₃ -N)	mg/L	< 5	5 – 30	> 30
HCO ₃	meq/L	< 1,5	1,5 – 8,5	> 8,5
pH	Τυπικές τιμές 6,5 – 8			

Όσον αφορά στα μέταλλα και στις οργανικές ουσίες και ειδικότερα με την τοξικότητα ιχνοστοιχείων, στον Πίνακα 2.5 παρουσιάζονται τα συνιστώμενα όρια τοξικών παραμέτρων που προτείνει ο FAO επιλεκτικά για ορισμένα ιχνοστοιχεία.

Πίνακας 2.5: Όρια συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στο αρδευτικό νερό (Πηγή: FAO, 1992)

	Χημικό στοιχείο	Μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση (mg/L) ^a		Παρατηρήσεις
		Μακροπρόθεσμη χρήση ^b	Βραχυπρόθεσμη χρήση ^γ	
Al	Αλουμίνιο	0,5	20,0	Μπορεί να αναστείλει την παραγωγή σε όξινα εδάφη (pH < 5,5), ενώ σε αλκαλικά εδάφη (pH > 7,0) το ιόν κατακρημνίζεται και εξαλείφεται κάθε τοξικότητα
As	Αρσενικό	0,1	2,0	Η τοξικότητα στα φυτά ποικίλει σημαντικά, κυμαινόμενη από 12 mg/L για γρασιδί τύπου Sudan σε λιγότερο από 0,05 mg/L για ρύζι
Be	Βηρύλλιο	0,1	0,5	Η τοξικότητα στα φυτά ποικίλει σημαντικά, κυμαινόμενη από 5 mg/L για το λάχανο σε 0,5 mg/L για τα φασόλια
Cd	Κάδμιο	0,01	0,05	Είναι τοξικό για τα φασόλια, τα παντζάρια και τα ραπανάκια σε συγκεντρώσεις έως και 0,1 mg/L. Συνιστώνται συντηρητικά όρια λόγω της δυνατότητας συσσώρευσης σε φυτά και εδάφος σε συγκεντρώσεις που θα ήταν επιβλαβείς για τον άνθρωπο
Co	Κοβάλτιο	0,05	5,0	Τοξικό για τη ντομάτα σε συγκεντρώσεις 0,1 mg/L. Τείνει να είναι ανενεργό σε ουδέτερα και αλκαλικά εδάφη
Cr	Χρόμιο	0,1	1,0	Συνιστώνται συντηρητικά όρια λόγω έλλειψης γνώσης σχετικής με την τοξικότητά του στα φυτά
Cu	Χαλκός	0,2	5,0	Τοξικό σε πολλά φυτά σε συγκεντρώσεις 0,1 έως 1,0 mg/L
F	Φθόριο	1,0	15,0	Καθίσταται ανενεργό σε ουδέτερα ή αλκαλικά εδάφη
Fe	Σίδηρος	5,0	20,0	Μη τοξικό στα φυτά σε οξυγονωμένα εδάφη, αλλά μπορεί να συνεισφέρει στην απώλεια διαθεσιμότητας φωσφόρου και μολυβδανίου. Ψεκάσμος μπορεί να οδηγήσει σε αντιαισθητικές αποθέσεις σε φυτά, εξοπλισμό και κτίρια
Li	Λίθιο	2,5	2,5	Είναι ανεκτό από τα περισσότερα φυτά σε συγκεντρώσεις μέχρι και 5 mg/L. Έχει μεγάλη κινητικότητα στο έδαφος. Τοξικό για τα εσπεριδοειδή σε μικρές συγκεντρώσεις (<0,075 mg/L). Δρα πανομοιότυπα με το βόριο
Mn	Μαγγάνιο	0,2	10,0	Τοξικό σε αρκετά φυτά σε συγκεντρώσεις από μερικά δέκατα έως μερικά mg/L, αλλά κυρίως σε όξινα εδάφη
Mo	Μολυβδαίνιο	0,01	0,05	Μη τοξικό στα φυτά σε φυσιολογικές συγκεντρώσεις στο έδαφος και το νερό. Μπορεί να είναι τοξικό στα ζώα εάν οι ζωοτροφές έχουν καλλιεργηθεί

Πίνακας 2.5: Όρια συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στο αρδευτικό νερό (συνέχεια)

(Πηγή: FAO, 1992)

	Χημικό στοιχείο	Μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση (mg/L) ^α		Παρατηρήσεις
		Μακροπρόθεσμη χρήση ^β	Βραχυπρόθεσμη χρήση ^γ	
				σε εδάφη με υψηλές συγκεντρώσεις μολυβδανίου
Ni	Νικέλιο	0,2	2,0	Τοξικό σε αρκετά φυτά σε συγκεντρώσεις από 0,5 έως 1,0 mg/L. Μειωμένη τοξικότητα σε ουδέτερα ή αλκαλικά εδάφη
Pb	Μόλυβδος	5,0	10,0	Σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να εμποδίσει την ανάπτυξη των φυτών
Se	Σελήνιο	0,02	0,02	Τοξικό στα φυτά σε συγκεντρώσεις χαμηλές έως και 0,025 mg/L και τοξικό στα ζώα εάν οι ζωοτροφές έχουν καλλιεργηθεί σε εδάφη με σχετικά υψηλά επίπεδα σεληνίου. Είναι απαραίτητο στοιχείο για την ανάπτυξη των ζώων αλλά σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις
Sn	Κασσίτερος	-	-	Αποκλείονται ικανοποιητικά από τα ίδια τα φυτά
Ti	Τιτάνιο			
W	Βολφράμιο			
V	Βανάδιο	0,1	1,0	Τοξικό σε αρκετά φυτά σε σχετικά μικρές συγκεντρώσεις
Zn	Ψευδάργυρος	2,0	10,0	Τοξικό σε πολλά φυτά σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται σημαντικά. Μειωμένη τοξικότητα σε pH > 6,0 και σε οργανικά εδάφη και εδάφη με λεπτή δομή

α Η μέγιστη συγκέντρωση βασίζεται σε ένα ρυθμό εφαρμογής του νερού σύμφωνα με ορθολογικές πρακτικές άρδευσης (10.000 m³ ανά εκτάριο ανά χρόνο). Εάν ο ρυθμός εφαρμογής του νερού υπερβαίνει σημαντικά τον πιο πάνω, οι μέγιστες συγκεντρώσεις θα πρέπει να προσαρμοσθούν προς τα κάτω ανάλογα. Για χρήση νερού μικρότερη των 10000 m³ ανά εκτάριο ανά χρόνο δεν γίνεται προσαρμογή των μέγιστων συγκεντρώσεων.

β Οι συνιστώμενες μέγιστες συγκεντρώσεις για μακροχρόνια χρήση έχουν τεθεί συντηρητικά για να συμπεριλάβουν αμμώδη εδάφη τα οποία έχουν μικρή δυνατότητα στράγγισης των στοιχείων που εξετάζονται.

γ Τα κριτήρια για βραχυπρόθεσμη χρήση (μέχρι 20 έτη) συνιστώνται για εδάφη με λεπτή δομή και ουδέτερο και αλκαλικό χαρακτήρα και αυξημένη δυνατότητα απομάκρυνσης των διαφόρων ρυπογόνων στοιχείων

2.4.3. Οδηγίες της Υπηρεσίας Προστασίας Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών

Η Οδηγία της Υπηρεσίας Προστασίας Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών (EPA) αντιμετωπίζει όλες τις σημαντικές πτυχές της επαναχρησιμοποίησης και περιλαμβάνει προτεινόμενες διεργασίες επεξεργασίας, ποιοτικά όρια στο ανακτημένο νερό, συχνότητα παρακολούθησης, αποστάσεις ασφαλείας και άλλα μέτρα ελέγχου χώρου για διάφορες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης (Πίν. 2.6).

Πίνακας 2.6: Οδηγία της EPA για τις τρεις πιο διαδεδομένες κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης
(Πηγή: EPA, 2010)

Κατηγορία επαναχρησιμοποίησης	Επεξεργασία	Ποιότητα ανακτημένου νερού	Παρακολούθηση του ανακτημένου νερού
Αστική χρήση (άρδευση χώρων πρασίνου, πυρόσβεση, τουαλέτες, συστήματα κλιματισμού)	Δευτεροβάθμια επεξεργασία, φίλτρανση, απολύμανση	pH 6-9 BOD ₅ < 10 mg /L Υπολ. CL ₂ : 1 mg /L (min) Κολοβακτηριδία < 14 /100 mg /L	pH: εβδομαδιαίως BOD: εβδομαδιαίως Υπολ. CL ₂ : συνεχώς Κολοβακτηριδία : ημερησίως
Γεωργική άρδευση για μη βρώσιμα είδη (βοσκότοποι για γαλακτοπαραγωγή ζώα, ζωοτροφές, καρποδοτικές καλλιέργειες)	Δευτεροβάθμια επεξεργασία	pH 6-9 BOD ₅ < 30 mg /L TSS < 30 mg /L Κολοβακτηριδία < 200 /100 mg/L Υπολ. CL ₂ : 1 mg /L (min)	pH:εβδομαδιαίως BOD: εβδομαδιαίως TSS: ημερησίως Υπολ. CL ₂ : συνεχώς Κολοβακτηριδία : ημερησίως
Έμμεση πόσιμη χρήση (φόρτιση υπόγειων υδροφορέων με έκχυση σε πόσιμα υδροφόρα στρώματα)	Δευτεροβάθμια επεξεργασία, απολύμανση (τουλάχιστον) Μπορεί να απαιτηθεί φίλτρανση ή/ και προχωρημένη επεξεργασία	Ανάλογα με την τοποθεσία πρέπει να ακολουθεί τα πρότυπα του πόσιμου νερού κατά τη διήθηση	pH: ημερησίως Θολότητα :συνεχώς Υπολ. CL ₂ : συνεχώς Κολοβακτηριδία : ημερησίως Επίπεδα ποιότητας πόσιμου νερού: τριμηνιαίως

Όσον αφορά για χρήσεις που δεν προορίζονται για πόση, ο βαθμός επεξεργασίας που προτείνεται διαφοροποιείται σε δύο επίπεδα. Ανακτημένα λύματα που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπου η (άμεση ή έμμεση) επαφή του κοινού ή εργαζομένων στο χώρο με τα λύματα είναι ελεγχόμενη, θα πρέπει να υφίστανται κατ' ελάχιστο δευτεροβάθμια επεξεργασία και απολύμανση έτσι ώστε να επιτευχθεί συγκέντρωση περιττωματικών κολοβακτηριδίων που να μην υπερβαίνει τα 200/100 mL. Για χρήσεις όπου άμεση ή έμμεση επαφή με τα ανακτημένα λύματα είναι πιθανή ή αναμένεται να συμβεί και για διπλά δίκτυα διανομής νερού όπου μπορεί να συμβεί λανθασμένη σύνδεση στο σύστημα πόσιμου νερού, συνιστάται η απολύμανση να έχει σαν αποτέλεσμα στο ανακτημένο νερό την μη ανίχνευση περιττωματικών κολοβακτηριδίων στα 100 mL. Αυτό το πιο αυστηρό επίπεδο απολύμανσης προτείνεται σε συνδυασμό με τριτοβάθμια επεξεργασία (δευτεροβάθμια επεξεργασία, δύλιση,

απολύμανση) και προσθήκη χημικών κροκιδωτικών πριν την διύλιση εάν αυτό είναι απαραίτητο προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή ποιότητα εκροής (ΕΜΠ, 2004).

Εκτός από τα μικροβιολογικά κριτήρια τίθενται και επιπρόσθετα κριτήρια σχετικά με την δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων για άρδευση που έχουν να κάνουν με την συγκέντρωση χημικών ουσιών και με έμφαση στην συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων. Στον Πίνακα 2.7 φαίνονται τα ανώτατα όρια συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων για χρήση λυμάτων στην γεωργία, σύμφωνα με την ΕΡΑ.

Πίνακας 2.7: Ανώτατα όρια συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων για χρήση λυμάτων στην γεωργία κατά την ΕΡΑ (Πηγή: ΕΡΑ, 2010)

Χημικό Στοιχείο	Μέγιστη προτεινόμενη συγκέντρωση ^a (mg/L)	
	Μακροχρόνια χρήση	Βραχυχρόνια χρήση
Αλουμίνιο	0,5	20
Αρσενικό	0,1	2
Βηρύλλιο	0,1	0,5
Κάδμιο	0,01	0,05
Χρόμιο	0,1	1
Κοβάλτιο	0,05	5
Χαλκός	0,2	5
Σίδηρος	5	20
Μόλυβδος	5	10
Λίθιο	2,5	2,5
Μαγγάνιο	0,2	10
Μολυβδαίνιο	0,01	0,05
Νικέλιο	0,2	2
Σελήνιο	0,02	0,02
Βανάδιο	0,1	1
Ψευδάργυρος	2	10

^aΗ μέγιστη συγκέντρωση βασίζεται σε ένα ρυθμό εφαρμογής νερού σύμφωνα με ορθολογικές πρακτικές άρδευσης (10.000 m³/ha/yr). Εάν ο ρυθμός εφαρμογής νερού υπερβαίνει τον πιο πάνω, οι μέγιστες συγκεντρώσεις θα πρέπει να προσαρμοστούν προς τα κάτω ανάλογα. Για κατανάλωση νερού μικρότερη από 10.000 m³ δεν γίνεται προσαρμογή των μέγιστων συγκεντρώσεων.

2.4.4. Κριτήρια και πρακτικές επαναχρησιμοποίησης στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα το νομοθετικό πλαίσιο των υδατικών πόρων χαρακτηρίζεται από πολυνομία, αντιφατικότητα και έλλειψη εκσυγχρονισμού. Ο Νόμος 1739/1987, αποτελούσε το βασικότερο νομοθέτημα που έχει εκδοθεί στον τομέα διαχείρισης των

υδατικών πόρων. Ο τελευταίος Νόμος 3199/2003, επιχειρεί εναρμόνιση της Ελληνικής νομοθεσίας υδατικών πόρων με την οδηγία 2000/60/ΕΕ, χωρίς όμως να αναφέρεται σε αντικείμενα ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων. Έτσι, το νομοθετικό πλαίσιο για την ορθή διαχείριση των υδατικών πόρων και την προστασία των οικοσυστημάτων, που εξαρτάται από αυτούς στην ΕΕ διέπεται από αυτή την οδηγία (Αγγελάκης και Παρνυχιανάκης, 2005).

Όπως είναι φυσικό, ιδιαίτερη μέριμνα απαιτείται σε χρήσεις που συνεπάγονται αυξημένη επαφή με τον άνθρωπο. Έτσι, τα αναγκαία κριτήρια ποιότητας θα πρέπει να διαφοροποιούνται όχι μόνο μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών επαναχρησιμοποίησης, αλλά ακόμη και στην ίδια κατηγορία ανάλογα στις επιμέρους χρήσεις (όπως είναι η άρδευση εδώδιμων και βιομηχανικών φυτικών ειδών).

Για την ανάπτυξη κατάλληλων κριτηρίων θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παρακάτω παράγοντες (Andreadakis et al., 2001):

- Η Ελλάδα ανήκει στην ομάδα των αναπτυσσόμενων χωρών, αν και όχι τόσο οικονομικά ανεπτυγμένη όσο άλλες χώρες, που έχει τη δυνατότητα και αναμένεται να διανείμει σημαντικούς πόρους για την προστασία της υγείας και του περιβάλλοντος.
- Ως μέλος της ΕΕ θα πρέπει να σκεφτεί την εναρμόνιση των κριτηρίων που θα θεσπίσει με ενδεχόμενες κοινοτικές νομοθεσίες για την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων.
- Τα τελευταία 10-15 χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί στην Ελλάδα πολλά έργα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Περίπου το 60% του πληθυσμού της χώρας εξυπηρετείται από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων ενώ στο προσεχές μέλλον το ποσοστό αυτό αναμένεται να φτάσει το 80-85%. Με βάση την υπάρχουσα κατάσταση η απεριόριστη επαναχρησιμοποίηση αποτελεί ήδη μια βιώσιμη λύση συμβατή ακόμη και με αυστηρά πρότυπα. Η απεριόριστη χρήση ανακτημένου νερού μπορεί να επιτευχθεί με λογικό κόστος αν αναβαθμιστούν οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις.
- Αν και η χρήση ανακτημένου νερού είναι ζωτικής σημασίας σε μερικές περιοχές, σε πολλές χώρες τις νοτιοανατολικής Μεσογείου και της Μέσης Ανατολής δεν ισχύει το ίδιο εξαιτίας της ύπαρξης εναλλακτικών οικονομικών πηγών νερού. Η χρήση ανακτημένου νερού αποτελεί μια ελκυστική οικολογική

λύση που μπορεί να γίνει βιώσιμη εφόσον παράγεται υψηλής ποιότητας νερό με λογικό κόστος και μηδενικούς κινδύνους για την δημοσία υγεία.

- Οι διαφορές ανάμεσα στις γεωργικές πρακτικές και τις θεσμικές διατάξεις συχνά δεν ευνοούν τη διάκριση μεταξύ απεριόριστης και περιορισμένης χρήσης. Έτσι το ανακτημένο νερό θα πρέπει να είναι εξαιρετικά επεξεργασμένο και κατάλληλο για ανεξέλεγκτη μη πόσιμη χρήση.
- Αν και η χρήση του ανακτημένου νερού για άρδευση αποτελεί την κύρια εφαρμογή επαναχρησιμοποίησης, η αστική χρήση αποτελεί μια εξίσου δυναμική εφαρμογή.
- Η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων για βιομηχανική χρήση δεν αναμένεται να είναι σημαντική στο προσεχές μέλλον.
- Η επαναχρησιμοποίηση για άμεση πόση δεν θα πρέπει να ενθαρρυνθεί εξαιτίας της σχετικής διαθεσιμότητας σε αποθέματα πόσιμου νερού, του υπερβολικού κόστους επεξεργασίας και της αβεβαιότητας ως προς τους κινδύνους που ελλοχεύουν για την δημόσια υγεία.
- Η επαναφόρτιση των υπόγειων υδροφορέων για την παρεμπόδιση της παρείσφρησης του αλμυρού νερού στα υπόγεια παράκτια ύδατα αποτελεί άλλη μια ενδιαφέρουσα χρήση.

Η ΚΥΑ 145116/2011 “Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις” τροποποιεί την διαχείριση αστικών και βιομηχανικών υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα, ώστε να ανακτηθούν ως νερό για επαναχρησιμοποίηση.

Η συγκεκριμένη ΚΥΑ, θεσπίζει τέσσερις βασικές δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων: άρδευση, βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση, τροφοδότηση/εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων και αστική/περιαστική επαναχρησιμοποίηση. Ταυτοχρόνως, προσδιορίζονται τα όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους ανάλογα με την προβλεπόμενη επαναχρησιμοποίηση, ο ελάχιστος βαθμός επεξεργασίας και η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών. Η χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων ακολουθεί κάποια πρότυπα ποιότητας, τα οποία διαφέρουν από χώρα σε χώρα ή και από περιοχή σε περιοχή. Αυτό συμβαίνει γιατί δεν υπάρχουν παντού οι ίδιες τεχνικές και οικονομικές δυνατότητες.

Οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της ΚΥΑ 5673/400/1997 είναι οι εξής:

- Επεξεργασία του γάλακτος.
- Παραγωγή οπωροκηπευτικών προϊόντων.
- Παραγωγή και εμφιάλωση μη αλκοολούχων ποτών.
- Μεταποίηση γεώμηλων.
- Βιομηχανία κρέατος.
- Ζυθοποιία.
- Παραγωγή αλκοόλης και αλκοολούχων ποτών.
- Παραγωγή ζωοτροφών από φυτικά προϊόντα.
- Παραγωγή ζελατίνας και κόλλας από δέρματα και οστά ζώων.
- Μονάδες παραγωγής βύνης.
- Μεταποιητική βιομηχανία ιχθύων.

Στον Πίνακα 2.8 που ακολουθεί αναφέρονται τα επιλεγμένα όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους, στον Πίνακα 2.9 παρουσιάζονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεων μετάλλων, σύμφωνα με την ΚΥΑ 145116/2011.

Πίνακας 2.8: Επιλεγμένα όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους
(Πηγή: ΚΥΑ 145116/2011)

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	Escherichia Coli (EC/100 ml)	BOD ₅ (mg/l)	Αιωρούμενα στερεά (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Ελάχιστη απαιτούμενη επεξεργασία
Περιορισμένη άρδευση, βιομηχανική χρήση (νερό ψύξης μιας χρήσης), τροφοδότηση υπογείων υδροφορέων που δεν εμπίπτουν στο ΠΔ 51/2007	<200 διάμεση τιμή	Σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ5673/400/1997	Σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ5673/400/1997	-	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία, απολύμανση
Απεριόριστη άρδευση, βιομηχανική χρήση (πλην νερού ψύξης μιας χρήσης)	<5 για το 80% των δειγμάτων <50 για το 95% των δειγμάτων	<10 για το 80% των δειγμάτων	<10 για το 80% των δειγμάτων	<2 διάμεση τιμή	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία ακολουθούμενη από τριτοβάθμια επεξεργασία και απολύμανση
Αστική χρήση, εμπλουτισμός υπογείων υδροφορέων, περιαστικό πράσινο	<2 για το 80% των δειγμάτων και <20 για το 95% των δειγμάτων	<10 για το 80% των δειγμάτων	<2 για το 80% των δειγμάτων	<2 διάμεση τιμή	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία ακολουθούμενη από προχωρημένη επεξεργασία και απολύμανση

Πίνακας 2.9: Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις επιλεγμένων μετάλλων

(Πηγή: ΚΥΑ 145116/2011)

Μέταλλο	Μέγιστη Συγκέντρωση (mg/l)
Kd	0,01
Cr	0,1
Cu	0,2
Fe	3,0
Mn	0,2
Ni	0,2
Pb	0,1
Zn	2,0

|

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η λεκάνη απορροής του Πηνειού υπάγεται σύμφωνα με τον Νόμο 1739/1987 στο υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας. Η Περιφέρεια Θεσσαλίας καταλαμβάνει το κεντρικό-ανατολικό τμήμα του ηπειρωτικού κορμού της Ελλάδος, αποτελείται από τους Νομούς Λάρισας, Μαγνησίας, Τρικάλων και Καρδίτσας ενώ έχει συνολική έκταση 14036 km² (10,6% της συνολικής έκτασης της χώρας). Συνορεύει προς βορρά με τις περιφέρειες Δυτικής και Κεντρικής Μακεδονίας, προς νότο με την περιφέρεια Στερεάς Ελλάδος, Δυτικά με την περιφέρεια Ηπείρου, ενώ ανατολικά βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος.

Η περιοχή μελέτης του ποταμού Πηνειού περιγράφεται από τους Μελισάρη (1990), Κουτσογιάννη (1997), Stamatis (1999), Μιμίκου (2005) και από τον Ιωάννου (2006). Ειδικότερα, σημαντική ήταν η μελέτη των πιέσεων-επιπτώσεων με την Impress ανάλυση στη λεκάνη απορροής του Πηνειού (Ioannou et al., 2009).

Η παρούσα εργασία εστιάζεται στο Νομό Λάρισας και πιο συγκεκριμένα στο κομμάτι της εισόδου του ποταμού Πηνειού στην πόλη της Λάρισας, ως την έξοδό του από την κοιλάδα των Τεμπών, πριν αυτός εκβάλλει στο Αιγαίο πέλαγος.

Ο Νομός Λάρισας δημιουργήθηκε μετά την προσάρτηση της Θεσσαλίας στο νέο Ελληνικό Κράτος το έτος 1881. Σήμερα περιλαμβάνει 7 δήμους και έχει πρωτεύουσα τη Λάρισα. Βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα της Θεσσαλίας είναι ο μεγαλύτερος σε έκταση νομός της, ο δεύτερος σε έκταση νομός της χώρας με έκταση 5381 km² και ο πρώτος σε καλλιεργούμενες εκτάσεις. Καταλαμβάνει το 38,3% της συνολικής έκτασης της περιφέρειας Θεσσαλίας (ΤΕΔΚ, 2012). Οι πεδινές εκτάσεις καταλαμβάνουν το 48% του Νομού και οι ορεινές περιοχές το 30%, ενώ το 83% των δημοτικών και κοινοτικών διαμερισμάτων του νομού χαρακτηρίζονται ως αγροτικά (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2009).

3.1. Δημογραφικά στοιχεία – Πληθυσμός

Ο πληθυσμός του νομού Λάρισας ανέρχεται, σύμφωνα με την απογραφή της ΕΣΥΕ του 2011, σε 284325 κατοίκους και κατανέμεται σε πέντε επαρχίες: Αγιάς, Ελασσόνας, Λάρισας, Τύρναβου και Φαρσάλων. Οι εξελίξεις του πληθυσμού του νομού τα τελευταία 50 χρόνια παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1: Πληθυσμιακή εξέλιξη Ν. Λάρισας

(Πηγή: ΕΣΥΕ απογραφές πληθυσμού 1961,1971,1981,1991,2001, 2011)

ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	1961	1971	1981	1991	2001	2011
ΑΓΙΑΣ	17420	15631	14447	14862	14121	11470
ΕΛΑΣΣΟΝΑΣ	51644	44927	41979	42999	37264	11044
ΛΑΡΙΣΑΣ	101234	113226	139738	151223	161566	162591
ΤΥΡΝΑΒΟΥ	36800	35186	35788	38945	42823	16977
ΦΑΡΣΑΛΩΝ	27218	24189	22313	22583	23531	18545
ΣΥΝΟΛΟ ΝΟΜΟΥ	234316	233159	254295	270612	279305	284325

Παρατηρούμε ότι υπάρχει γενικώς μια μείωση του πληθυσμού σε όλες τις δημοτικές ενότητες τις δεκαετίες 1961-1971 και 1971-1981, εκτός από την δημοτική ενότητα Λάρισας που παρουσιάζει μια συνεχή αύξηση του πληθυσμού της ως σήμερα. Τη δεκαετία 1981-1991 εμφανίζεται μια αύξηση του πληθυσμού σε όλες τις δημοτικές ενότητες, ενώ τέλος τη δεκαετία 1991-2001 παρατηρείται αύξηση του πληθυσμού στις δημοτικές ενότητες Λάρισας, Τύρναβου και Φαρσάλων. Τη δεκαετία 2001-2011 παρατηρείται μείωση του πληθυσμού σε όλες τις δημοτικές ενότητες εκτός της Λάρισας. Στις άλλες δημοτικές ενότητες παρατηρείται μείωση του πληθυσμού την τελευταία δεκαετία. Από τα στοιχεία του συγκεκριμένου πίνακα παρατηρούμε ότι την τελευταία δεκαετία 1991- 2001 η επαρχία Ελασσόνας εμφανίζει τη μεγαλύτερη μείωση του πληθυσμού της, ενώ η επαρχία Τυρνάβου εμφανίζει αντίστοιχα την μεγαλύτερη αύξηση. Συνολικά ο νομός Λάρισας παρουσιάζει συνεχή αύξηση του πληθυσμού του την περίοδο 1961-2011.

3.2. Κλίμα – Μετεωρολογικά στοιχεία

Το κλίμα του νομού χαρακτηρίζεται ως ηπειρωτικό και συγκεκριμένα μεταβατικό από μεσογειακό προς μεσευρωπαϊκό, λόγω του μεγάλου ετήσιου θερμομετρικού εύρους (>20°C) μεταξύ του θερμού και ξηρού θέρους και του ψυχρού και υγρού χειμώνα. Το θερμομετρικό αυτό εύρος όμως μειώνεται όσο αυξάνει το υψόμετρο των ορεινών περιοχών συγκλίνοντας προς το αντίστοιχο μεσευρωπαϊκό. Στις περιοχές Λάρισας και

Ελασσόνας οι επικρατέστεροι άνεμοι είναι οι ανατολικοί με ποσοστό εμφάνισης από 16,7% στην Λάρισα έως 21,9% στην Ελασσόνα. Ακολουθούν οι δυτικοί, οι βορειοανατολικοί, οι νοτιοανατολικοί και οι βόρειοι. Οι βόρειοι, βορειοανατολικοί και βορειοδυτικοί άνεμοι προκαλούν σημαντική πτώση της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια του χειμώνα. Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι οι άνεμοι είναι κυρίως χαμηλής έντασης, 1 - 4 Beaufort, ενώ το ποσοστό της νηνεμίας κυμαίνεται από 52,8% στην Ελασσόνα έως 55,9% στην ευρύτερη περιοχή της πόλης της Λάρισας. Στην περιοχή της Αγιάς επικρατούν οι ανατολικοί και βορειοανατολικοί άνεμοι που παρουσιάζουν όμως μικρή ένταση, ενώ πολλές φορές μάλιστα επικρατεί άπνοια. Τέλος, το νότιο τμήμα του νομού είναι περισσότερο ανεμόπληκτο επειδή οι βόρειοι άνεμοι πνέουν με μεγαλύτερη ένταση (Στυλιανάκης, 2010).

3.3. Θερμοκρασία

Η μέση ετήσια θερμοκρασία στον νομό κυμαίνεται από 12,9°C στην περιοχή Ελασσόνας έως 15,98°C στην περιοχή Φαρσάλων. Γενικά, η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται από 3,7°C τον Ιανουάριο στην περιοχή της Ελασσόνας έως 27,2°C τον Ιούλιο στη Λάρισα, με μεγαλύτερη μέση μέγιστη τους 35,1°C τον Ιούλιο στη Λάρισα και μικρότερη μέση ελάχιστη τους -1,1°C τον Ιανουάριο και Φεβρουάριο στην περιοχή της Ελασσόνας. Η απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία έχει φτάσει τους 45,2°C τον Ιούλιο στη Λάρισα και η απόλυτη ελάχιστη τους -21,6°C τον Ιανουάριο στην Ελασσόνα (Στυλιανάκης, 2010).

3.4. Μορφολογικά – Γεωλογικά χαρακτηριστικά

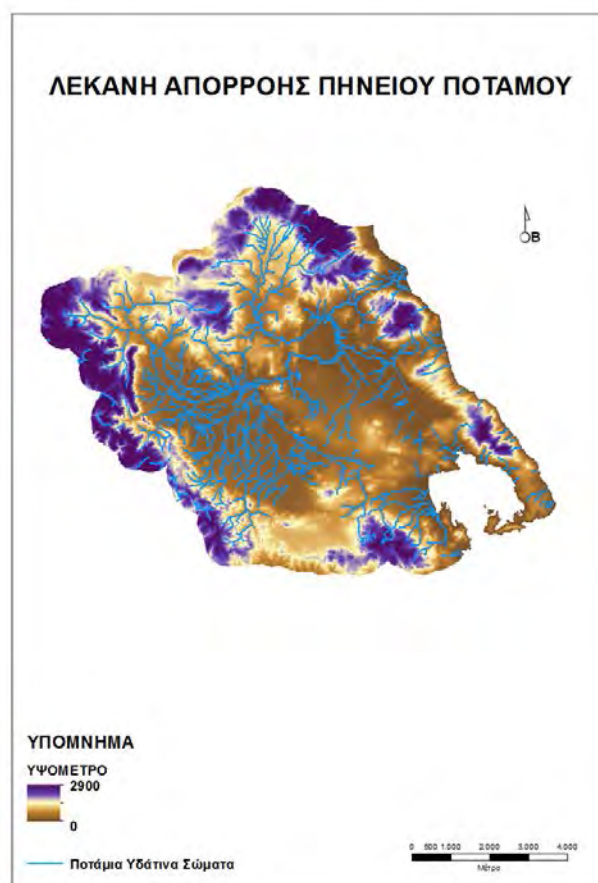
Η μορφολογική κατανομή της συνολικής έκτασης του νομού παρουσιάζει την ακόλουθη εικόνα. Η καλλιεργηθείσα έκταση το 1994 ανήλθε στα 2410000 στρέμματα, εκ των οποίων τα 1020000 (42%) ήταν αρδευτικά. Η δημοτικά ενότητα Λάρισας καλύπτει το 78,5% της συνολικής έκτασης του νομού, ενώ οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις αποτελούν περίπου το 90% της συνολικής έκτασης του νομού. Από τα βόρεια και ανατολικά, ο νομός περιβάλλεται από τους ορεινούς όγκους του Ολύμπου (2918 m), της Όσσας (1978 m) και του Μαυροβουνίου (1011 m). Η λεκάνη της επαρχίας Λάρισας διαρρέεται από τον Πηνειό ποταμό και τους παραποτάμους του. Οι υπόλοιπες περιοχές,

όσον αφορά τη μορφολογία τους, χαρακτηρίζονται ως ημιορεινές και ορεινές (Στυλιανάκης, 2010).

Η λεκάνη της Λάρισας αποτελείται από πρόσφατες γεωλογικές αποθέσεις που δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια των τεκτονικών κινήσεων της αλπικής ορογένεσης μέχρι και σήμερα. Το υπόβαθρο των αποθέσεων αυτών δεν εμφανίζεται μέσα στην επιφάνεια της λεκάνης, μπορεί όμως να παρατηρηθεί από το μεγάλο αριθμό των γεωτρήσεων που έχουν γίνει στην περιοχή. Το βάθος του υπόβαθρου αυτού ποικίλει. Κυρίαρχη είναι η παρουσία των ακόλουθων γεωλογικών σχηματισμών: α)Ολόκαινο, β)Πλειστόκαινο, γ)Πόντιο-πλειστόκαινο, δ)Ανώτερο μειόκαινο, ε)Μέσο-τριαδικόιουρασικό, στ) Παλαιοζωϊκό-Μεσοτριάδικό (Στυλιανάκης, 2010).

3.5. Ο ποταμός Πηνειός ως ειδική περίπτωση έρευνας

Η κύρια υδρολογική λεκάνη του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας είναι η λεκάνη του Πηνειού, με έκταση περίπου 9500 km² (Εικ. 3.1).



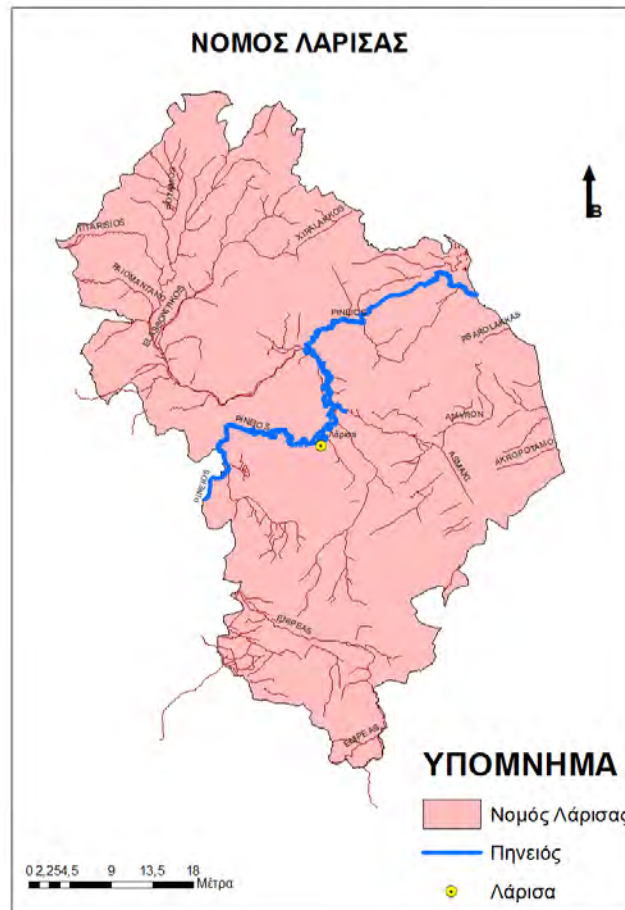
Εικόνα 3.1: Χάρτης με την υδρολογική λεκάνη απορροής του Πηνειού ποταμού

Ο Πηνειός έλαβε τη σημερινή του μορφή μετά την απομάκρυνση των υδάτων της μεγάλης Θεσσαλικής λίμνης πριν περίπου 500000 χρόνια, από ρήγμα που δημιουργήθηκε στην κοιλάδα των Τεμπών. Ο Πηνειός σχηματίζεται από τη συμβολή του Καστανιώτικου ποταμού, που πηγάζει από την Κατάρα, του Μαλακασιώτικου ποταμού, που πηγάζει από το βουνό Λάκμος και του ρεύματος Μουργκάνι (Ιων), που πηγάζει από τα Αντιχάσια. Μετά την είσοδό του στη Θεσσαλική πεδιάδα δέχεται βόρεια όλα τα νερά των Χασίων, τα οποία φέρνουν σε αυτόν ο Ληθαίος και ο Νεοχωρίτης. Από τα νότια χύνονται σε αυτόν τα ρέματα της Πίνδου και της Όθρου· ο Πορταϊκός από τα νοτιοδυτικά των Τρικάλων, ο Πάμισος από τη χαράδρα του Μουζακίου, ο Καλέντζης από τον Ίταμο, ο Σοφαδίτικος που μαζεύει όλα τα ποτάμια της σχιστολιθικής οροσειράς, ο Φαρσαλιώτης ο οποίος πηγάζει κοντά στα Φάρσαλα και ο οποίος δέχεται και τα νερά του Ενιπέα. Επίσης, δέχεται τα νερά από την εκτροπή του Ταυρωπού μέσω της λίμνης Πλαστήρα. Τα νερά του Καλέντζη, του Σοφαδίτικου, του Φαρσαλιώτικου και του Ενιπέα μετά από μικρό κοινό ρου χύνονται όλα μαζί στον Πηνειό. Αφού μαζεύει ο Πηνειός όλα τα νερά της δυτικής πεδιάδας, διασχίζει τα μεσοθεσσαλικά βουνά στο στενό του Καλαμακίου. Το ποτάμι διασχίζει το δυτικό και ανατολικό άκρο των σκληρών ασβεστολιθικών βουνών και περνάει από τα στενά της Αμυγδαλέας. Αμέσως ανάντη της Λάρισας διχάζεται τεχνητά σε δύο κλάδους, ο δεξιός μαιανδροειδής κλάδος μήκους 6,2 km αποτελεί την ιστορική κοίτη του ποταμού και ο αριστερός κλάδος είναι ευθύγραμμος μήκους 2,3 km και κατασκευάστηκε το 1983 για αντιπλημμυρική προστασία της πόλης (Χατζηνικολάου, 2007).

Ο Πηνειός συνεχίζοντας την πορεία του δημιουργεί έντονους μαιανδρισμούς μέχρι να δεχτεί από τα βορειοδυτικά τα νερά του Τιταρίσιου, που πηγάζει από τις δυτικές πλαγιές του Ολύμπου, από το όρος Τίταρος. Στη συνέχεια το ποτάμι διέρχεται μια στενή κοιλάδα περνώντας από τα στενά της Ροδιάς ανάμεσα από το Έρημον και τον Κάτω Όλυμπο. Διατρέχει την κοιλάδα των Γόννων και τα στενά των Τεμπών και εκβάλλει στο Αιγαίο ύστερα από μια διαδρομή 235 km σχηματίζοντας μικρό δέλτα. Η μέση ετήσια απορροή στις εκβολές του είναι 108 m³/s με μεγάλες μηνιαίες διακυμάνσεις (Fytianos et al., 2002). Τα στενά των Τεμπών καθώς και τα άλλα δύο στενά κατά μήκος του ποταμού (Καλαμακίου και Ροδιάς) αποτελούν την αιτία για τις περισσότερες πλημμύρες που εμφανίζονται στην πεδιάδα, κυρίως στις περιοχές Ζάρκου και Γόννων. Επιπλέον, η παρουσία γεφυρών χαμηλού ύψους, η κατασκευή πρόχειρων

φραγμάτων για άντληση νερού από τους αγρότες και το χαμηλό ύψος αποστραγγικτικού δικτύου ενισχύουν την τάση για πλημμύρες (Mimikou & Koutsoyannis, 1995).

Στην Εικόνα 3.2 που ακολουθεί παρατηρούμε τη διαδρομή του ποταμού Πηνειού στο Νομό Λάρισας πριν αυτός εκβάλει στο Αιγαίο πέλαγος.



Εικόνα 3.2: Χάρτης με την πορεία του Πηνειού ποταμού στο Ν. Λάρισα

Το Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας συμπίπτει σχεδόν με την Περιφέρεια Θεσσαλίας, που είναι μια από τις κεντρικές περιοχές της χώρας, σχετικά αναπτυγμένη. Στο διαμέρισμα υπάρχει η μεγαλύτερη πεδινή περιοχή της χώρας, που όμως έχει ανεπαρκείς υδατικούς πόρους. Σε αυτό βρίσκεται και η βιομηχανική περιοχή Βόλου με ειδικευση στη μεταλλουργική βιομηχανία (σε κρίση σήμερα), από τις μεγαλύτερες και παλιότερες στη χώρα, ένα σημαντικό αστικό κέντρο που προσφέρει ανώτερου βαθμού υπηρεσίες και διεθνούς επιπέδου τεχνική υποδομή (οδικός και σιδηροδρομικός άξονας, λιμάνι). Επίσης η περιοχή διαθέτει σημαντικά μνημεία όλων των εποχών (Όλυμπος, παραδοσιακοί οικισμοί Πηλίου, Αμπελάκια, Μετέωρα, ορεινές περιοχές και κέντρα

ανάπτυξης της νεότερης ελληνικής ιστορίας), σημαντικά τοπία και αξιόλογες αλλά περιορισμένης μέχρι σήμερα προσβασιμότητας ακτές.

Από πλευράς ρύπανσης και αλλοιώσεων των στοιχείων της φυσικής κληρονομιάς, το μεγάλο πρόβλημα είναι η ρύπανση του Πηνειού και του Παγασητικού Κόλπου, ενώ αισθητικά οι οικολογικές αλλοιώσεις στα τουριστικώς αναπτυγμένα σημεία της περιοχής δεν έχουν καταστεί ακόμη κρίσιμες. Κρίσιμο ήταν πάντα και γίνεται όλο και πιο επιτακτικό το πρόβλημα έλλειψης νερού στο υδατικό διαμέρισμα. Πέρα από τα δύο μεγάλα αστικά κέντρα της Λάρισας και του Βόλου, που αποτελούν μια σημαντική αγορά 300000 κατοίκων, σημαντικής εισοδηματικής στάθμης, η Θεσσαλία έχει και μικρότερα δυναμικά αστικά κέντρα (Τρίκαλα, Καρδίτσα, Τύρναβος) και 32 ημιαστικά, άμεσα συνδεδεμένα με τις εξελίξεις στον αγροτικό χώρο (ΥΠΕΚΑ, 2012).

Κυριότεροι παραπόταμοι του Πηνειού είναι προς τα νότια ο Ενιπέας, ο Φαρσαλιώτης, ο Σοφαδίτης και ο Καλέντζης, προς τα δυτικά-νοτιοδυτικά ο Πάμισος, και ο Πορταϊκός, και στο βόρειο μέρος ο Ληθαίος, ο Νεοχωρίτης και ο Τιταρήσιος. Η καταγραφή των κύριων ποταμών της λεκάνης απορροής του ποταμού Πηνειού παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.2, ενώ η αντίστοιχη καταγραφή των κύριων παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.3 (ΥΠΕΚΑ, 2012).

Πίνακας 3.2: Κύριοι Ποταμοί της Λεκάνης Απορροής Πηνειού στο Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (Πηγή: ΥΠΕΚΑ, 2012)

Όνομασία κύριου ποταμού	Μήκος (km)
Πηνειός	262
Ενιπέας	132
Φαρσαλιώτης	38
Σοφαδίτης	56
Καλέντζης	58
Παμίσος	25
Πορταϊκός	24
Ληθαίος	63
Νεοχωρίτης	27
Τιταρήσιος	96

Πίνακας 3.3: Κύριες Λίμνες της Λεκάνης Απορροής Πηνειού στο Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (Πηγή: ΥΠΕΚΑ, 2012)

Όνομασία κύριας λίμνης	Έκταση (km ²)
Τεχνητή λίμνη Σμοκόβου	9,9
Τεχνητή λίμνη Αργυροπουλίου	0,5
Τεχνητή λίμνη Κάρλας	34,9

Στη λεκάνη απορροής του ποταμού Πηνειού συναντώνται οι παρακάτω γεωτεκτονικές ζώνες:

- Ζώνη Πίνδου: Αναπτύσσεται σε μικρή έκταση στα ανατολικά της λεκάνη απορροής.
- Ενότητα Κόζιακα: Αναπτύσσεται στα δυτικά περιθώρια της δυτικής Θεσσαλίας.

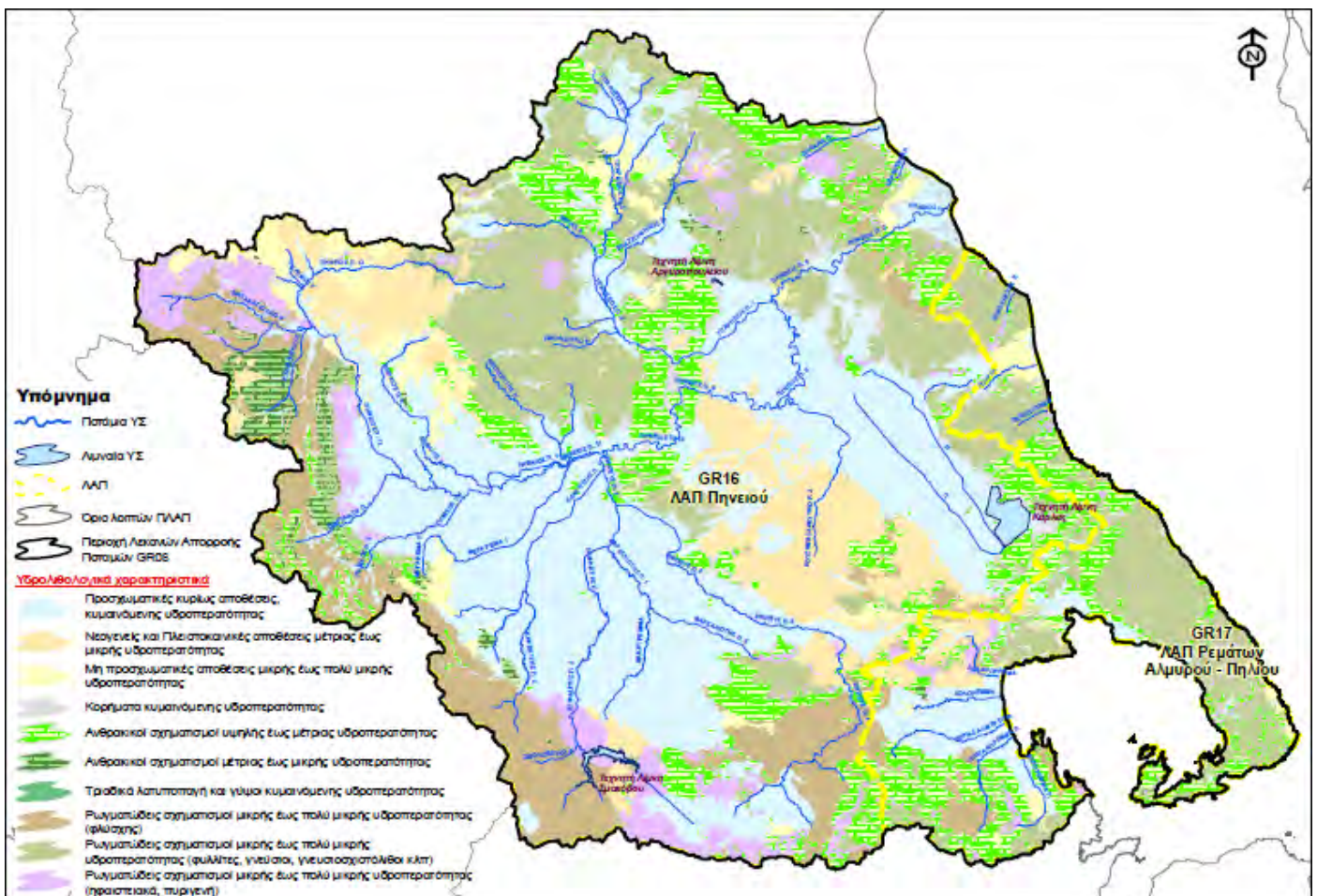
Εμφανίζονται επίσης οι ακόλουθες εσωτερικές γεωτεκτονικές ζώνες και τεκτονικά παράθυρα: Μαλιακή Ζώνη, Ηωελληνικό τεκτονικό κάλυμμα, Πελαγονική Ζώνη στην Ανατολική και Βόρεια Θεσσαλία, Ενότητα Αμπελακίων, Ενότητα Ολύμπου-Οσσας, Ενότητα Κρασιάς – Ελασσόνας, Σχηματισμοί Μεσοελληνικής Αύλακας.

Στους παραπάνω σχηματισμούς έχουν αποθεθεί στα βυθίσματα των λεκανών νεογενείς σχηματισμοί (κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, αργίλους και μάργες κλπ) και τεταρτογενείς αποθέσεις (αλλουβιακές αποθέσεις, υλικά αναβαθμίδων, κώνοι κορημάτων - πλευρικά κορημάτα και παράκτιοι σχηματισμοί). Οι νεογενείς αποθέσεις συναντώνται στους λόφους μεταξύ ανατολικής και δυτικής πεδιάδας της Θεσσαλίας στην περιοχή Σαρανταπόρου. Οι τεταρτογενείς αποθέσεις καταλαμβάνουν το κατ' εξοχή πεδινό τμήμα του συνόλου της Θεσσαλίας. Η κοκκομετρία των υλικών γενικά μειώνεται με την απομάκρυνση από τους κύριους κώνους των ποταμών και χειμάρρων που εκβάλλουν στην πεδινή ζώνη και αποτελούνται από αδρομερή υλικά. Το πάχος των τεταρτογενών αποθέσεων της πεδιάδας ποικίλει κατά τόπους και μπορεί να ξεπεράσει κατά πολύ τα 400m (ΥΠΕΚΑ,2012).

Το κύριο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον στην λεκάνη απορροής Πηνειού αφορά στις τεταρτογενείς αποθέσεις οι οποίες φιλοξενούν υψηλού δυναμικού υπόγειες υδροφορίες και δευτερευόντως στα καρστικά συστήματα που αναπτύσσονται στην περίμετρο των πεδινών εκτάσεων. Η πεδιάδα της Θεσσαλίας διαχωρίζεται σε δύο κύρια αυτοτελή υδρογεωλογικά κοκκώδη συστήματα : της δυτικής και της ανατολικής πεδιάδας. Αναπτύσσονται επίσης τοπικής σημασίας υδροφορίες στους μεταμορφωμένους

γενεσιακούς σχηματισμούς της περιοχής, η υδροφορία των οποίων εκφορτίζεται μέσω σημαντικών πηγών, οι οποίες καλύπτουν τοπικές ανάγκες (Πήλιο, Μαυροβούνι, Όσσα, Χάσια, Κάτω Όλυμπος). Η δυναμικότητα των υπογείων υδροφορέων ποικίλει μεταξύ πολύ μεγάλων ορίων, τόσο στα αλλούβια, όσο και στις καρστικές περιοχές. Αυτή εξαρτάται στα μεν αλλούβια από την κοκκομετρία και την δυνατότητα τροφοδοσίας τους, στους δε καρστικούς υδροφορείς από το βαθμό καρστικοποίησης και την έκταση της υδρογεωλογικής λεκάνης που τους αντιστοιχεί. Τέλος στις υδροφορίες των διερρηγμένων πετρωμάτων ρόλο διαδραματίζουν τόσο το ύψος βροχής όσο και ο βαθμός τεκτονικής καταπόνησης των σχηματισμών και το πάχος του μανδύα αποσάθρωσης (ΥΠΕΚΑ, 2012).

Στην Εικόνα 3.3 που ακολουθεί παρουσιάζεται Υδρολιθολογικός χάρτης Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας.



Εικόνα 3.3: Υδρολιθολογικός χάρτης Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας

(Πηγή: ΥΠΕΚΑ, 2012)

Η ρύπανση του Πηνειού και των παραποτάμων του, καθώς και οι επιπτώσεις στην ανάπτυξη της περιοχής απασχόλησε τις αρμόδιες αρχές ήδη από τα τέλη της δεκαετίας 1970. Τον Οκτώβριο 1977 εκπονήθηκε από ιδιώτες μελετητές η «Προκαταρκτική Μελέτη έργων διαθέσεως υγρών αποβλήτων θεσσαλικού πεδίου», προκειμένου να καθοριστεί το πρόβλημα μέσω δειγματοληψιών, μετρήσεων και αναλύσεων. Για το Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας έχουν πραγματοποιηθεί μετρήσεις της ποιοτικής κατάστασης των υπογείων υδάτων στα πλαίσια δύο ερευνητικών προγραμμάτων, που ανατέθηκαν από το ΥΠΕΧΩΔΕ στο Πανεπιστήμιο Αθηνών (1993-1994) - Ερευνητικό πρόγραμμα «Δημιουργία δικτύου παρακολούθησης της ποιότητας των υπογείων νερών από νιτρικά, νιτρώδη και αμμωνία» - και στο Πανεπιστήμιο Πατρών (1996-1999) - «Προστασία των υπογείων νερών από τη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης (καθορισμός ευαίσθητων ζωνών», ενώ υπάρχουν επίσης μετρήσεις του ΥΠΕΧΩΔΕ για την περίοδο 2004-2005 σε 20 σταθμούς (Σαμαντζή, 2013).

Πολλοί μελετητές έχουν ασχοληθεί με τη ρύπανση του Πηνειού και των παραποτάμων του. Το Υπουργείο Γεωργίας πραγματοποίησε στη θέση Υδατόπυργος Λάρισας συστηματικές δειγματοληψίες και αναλύσεις νερού για την περίοδο 1980-1997. Οι αναλύσεις δείχνουν ότι η συγκέντρωση των νιτρικών βρίσκεται σε αποδεκτά επίπεδα (12,19 mg/l) κατά το 1997, τιμή πολύ μικρότερη του ανωτάτου ορίου των 50 mg/l. Είναι όμως διπλάσια της αντίστοιχης μέσης τιμής του έτους 1980 (6,24 mg/l). Η αύξηση αυτή θα πρέπει να αποδοθεί κυρίως στη γεωργία και την εντατική της εκμετάλλευση (Σαμαντζή, 2013).

Σύμφωνα με το Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων (ΕΜΠ, 2008) αρχικά σημειώνεται ότι ο Πηνειός έχει χαρακτηριστικά που ικανοποιούν βασικά αγρονομικά κριτήρια για άρδευση. Οι κυριότερες πηγές ρύπανσης (σημειακές και μη σημειακές) που σχετίζονται με τις ανθρώπινες δραστηριότητες και συμβάλλουν στην επιβάρυνση των επιφανειακών υδάτων του Πηνειού προέρχονται κυρίως από την γεωργία και την κτηνοτροφία και δευτερευόντως από την βιομηχανία και τις αστικές περιοχές. Επίσης, καταγράφηκαν και επισημαίνονται υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών (μέγιστη τιμή 54 mg/l στον Υδατόπυργο Λάρισας), ικανοποιητικά χαρακτηριστικά (αμμωνιακά άζωτα, κολοβακτηρίδια) ως προς τα αστικά λύματα με εξαίρεση το Κουλούρι (29,6 mg/l NO₃, 9,04 mg/l NH₄, 11,43 mg/l P₂O₅), επιβαρημένη εικόνα ως προς τα βαρέα μέταλλα (Cr, Ni, Cu) και χαμηλό επίπεδο μ/ο (μη ανιχνεύσιμα επίπεδα). Το μεγαλύτερο οργανικό φορτίο παράγεται στη βιομηχανία Ζαχάρεως ενώ οι

κυριότερες τοξικές ουσίες (βαρέα μέταλλα, χλωριωμένες οργανικές ενώσεις, φαινόλες και οργανικοί διαλύτες) προέρχονται από κλωστοϋφαντουργεία, μεταλλουργικές βιομηχανίες, βιομηχανίες αναγέννησης ορυκτέλαιων και μερικά πολύ μικρής δυναμικότητας βυρσοδεψία (ΕΜΠ, 2008).

Σύμφωνα με την μελέτη της Κοκκινίδου (2011), στο σημείο δειγματοληψίας Γέφυρα Πυργετού (βρίσκεται στην έξοδο του ποταμού από τα στενά των Τεμπών και στο διάστημα αυτό ο Πηνειός εμπλουτίζεται με νερά είκοσι (20) πηγών και άνω, με σημαντικές παροχές) καταγράφονται σημαντικοί συνθετικοί ρύποι που υπερβαίνουν τα όρια των προτύπων ποιότητας περιβάλλοντος (ΠΠΠ), καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι η οικολογική κατάσταση του Πηνειού κυμαίνεται μεταξύ μέτριας και κακής, ενώ η χημική κατάσταση ως κατώτερη της καλής.

Μια ενδιαφέρουσα εργασία πραγματοποιήθηκε από τον Δ/νων Σύμβουλο της «ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ Α.Ε.» κ. Γιώργο Κυρατσάκη. Στην έκθεση συμπερασμάτων μηνών Αυγούστου-Σεπτεμβρίου-Οκτωβρίου-Νοεμβρίου 2010 προκύπτουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων που διενεργήθηκαν σε τρεις καθορισμένους σταθμούς δειγματοληψίας του Πηνειού ποταμού, με τα εξής συμπεράσματα. Παρατηρήθηκε αύξηση των νιτρικών κατά την περίοδο του Σεπτεμβρίου, με πιθανή αιτία την έκπλυση των βεβαρημένων εδαφών με άζωτούχο λίπανση. Τα νιτρικά κυμάνθηκαν σε κανονικά επίπεδα για το πόσιμο νερό και την άρδευση. Το διαλυμένο οξυγόνο (με εξαίρεση μία περίπτωση), κυμάνθηκε σε ικανοποιητικά επίπεδα σε σχέση με τα επιτρεπτά όρια της νομοθεσίας. Οι συγκεντρώσεις των φωσφορικών σε όλες τις περιπτώσεις ήταν υψηλές ιδιαίτερα κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Οι τιμές του BOD₅ κυμάνθηκαν γενικά σε φυσιολογικά επίπεδα. Οι τιμές του COD βρέθηκαν υψηλότερες από τις τιμές του BOD₅ την περίοδο του Σεπτεμβρίου.

Ο Χατζηνικολάου (2007) πραγματοποίησε το 2002 δειγματοληψίες σε 89 σημεία σε όλο το μήκος του Πηνειού ποταμού για τον έλεγχο του ρυπαντικού φορτίου κατά τους θερινούς μήνες, όπου η στάθμη του ποταμού είναι χαμηλή και η ρύπανση εντονότερη. Παρατήρησε ότι η ρύπανση ήταν πιο έντονη στην περιοχή των Τρικάλων και στην περιοχή της Λάρισας – Τυρνάβου. Διέκρινε τα ρυπαντικά φορτία (BOD₅, άζωτο, φώσφορο) ανάλογα με την προέλευσή τους (γεωργία, κτηνοτροφία, ΕΕΛ, βιομηχανία).

Ο Χατζηνικολάου (2007) παρατήρησε ότι το φορτίο BOD₅, που μεταφέρεται στον Πηνειό αυξάνεται μετά τα Τρίκαλα, ενώ παρατηρείται περαιτέρω αύξησή του μετά τη βιομηχανική περιοχή της Λάρισας μέχρι τις εκβολές του ποταμού. Το άζωτο εμφανίζεται σε υψηλές συγκεντρώσεις στην περιοχή των Τρικάλων, ενώ στην περιοχή της Λάρισας οι τιμές είναι ακόμα μεγαλύτερες λόγω των ρυπαντικών φορτίων από τη γεωργία, τα αστικά λύματα και τα βιομηχανικά απόβλητα της ευρύτερης περιοχής. Οι τιμές συνεχίζουν να αυξάνονται μέχρι τα στενά της Ροδιάς, ενώ στην περιοχή των Τεμπών υποχώρησαν. Ο φώσφορος εμφανίζει μικρές αυξήσεις στην περιοχή των Τρικάλων και σταδιακά αυξάνεται μέχρι την περιοχή του Κουτσόχερου, όπου παρατηρούνται υψηλές τιμές. Μετά τη Λάρισα και τη συμβολή του Πηνειού με τον Τιταρήσιο, οι τιμές του φωσφόρου αυξάνεται περαιτέρω, κυρίως λόγω των εκροών από τη γεωργία, της εκροής των αστικών λυμάτων και των βιομηχανικών αποβλήτων.

Τελικά, το φορτίο του BOD₅ προέρχεται από τις σημειακές πηγές ρύπανσης, το φορτίο των νιτρικών κυρίως από μη σημειακές πηγές, ενώ το φορτίο του φωσφόρου εξαρτάται από την περιοχή και άλλοτε προέρχεται από σημειακές και άλλοτε από μη σημειακές πηγές. Συνολικά, το ρυπαντικό φορτίο εμφάνισε τις μέγιστες τιμές του στην περιοχή της βιομηχανικής περιοχής της Λάρισας και της κοιλάδας των Γόννων.

Παράλληλα, ο Χατζηνικολάου (2007) πραγματοποίησε δειγματοληψίες νερού για τον προσδιορισμό φυσικοχημικών παραμέτρων, βαρέων μετάλλων και γεωργικών φαρμάκων το 2004 και το 2005 στην υψηλή και τη χαμηλή περίοδο παροχής. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ρύπανση του Πηνειού είναι σημαντική.

Οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου, του pH, της θερμοκρασίας, της αγωγιμότητας και της συγκέντρωσης των φωσφορικών κατά τη θερινή περίοδο παρουσιάζουν μεγάλο εύρος διακύμανσης. Έτσι, όμως, δημιουργούνται προβλήματα στους οργανισμούς, που ζουν στο ποτάμι, οι οποίοι πρέπει να προσαρμόζονται στις συνεχώς μεταβαλλόμενες συνθήκες του περιβάλλοντός, όπου διαμένουν. Οι τιμές των νιτρικών σε αρκετές θέσεις ήταν υψηλές, ξεπερνώντας τα όρια, που έχουν τεθεί από την Οδηγία 98/83/ΕΕ.

Ο Πηνειός είναι κατά θέσεις επιβαρυνμένος και από τις συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, όπως χρώμιο, νικέλιο, χαλκός, μαγγάνιο και αργίλιο, οι οποίες πολλές φορές ξεπερνούν τις ενδεικτικές και οριακές τιμές, που καθορίζονται από το Υπουργείο (Καλλιόγλου, 2010). Από τα βαρέα μέταλλα, που εξετάστηκαν, βρέθηκαν ψευδάργυρος, χρώμιο, αρσενικό και μόλυβδος με συγκεντρώσεις στο νερό σε φθίνουσα

σειρά: Zn>As>Cr>Pb. Οι Fytianos κ.α. (2002) υποστηρίζουν ότι οι συγκεντρώσεις των παραπάνω μετάλλων στον Πηνειό έχουν φυσική προέλευση και οι τιμές τους βρίσκονται εντός της φυσικής διακύμανσης των ελληνικών ποταμών. Δε βρέθηκε χαλκός ούτε στο νερό, ούτε στο ίζημα. Κανένα από τα εξεταζόμενα μέταλλα δεν ξεπέρασε τα ανώτατα επιτρεπτά όρια, που ορίζει η Οδηγία 98/83/ΕΕ, σχετικά με τη συγκέντρωση των μετάλλων στη στήλη του νερού.

Πολύ ενδιαφέρουσα εργασία είναι αυτή των Bellos et al., 2004, στην οποία παρουσιάζονται οι επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων κατά τη διάρκεια τριών ετών παρακολούθησης σχετικά με τη διακύμανση των θρεπτικών στοιχείων κατά μήκος του Πηνειού ποταμού και των παραποτάμων του. Στην εργασία αυτή μελετήθηκαν οι εποχιακές διακυμάνσεις των θρεπτικών κατά την περίοδο 1996-1998, όπου διαπιστώθηκε ότι οι υψηλές θερμοκρασίες, από τον Ιούνιο έως τον Αύγουστο, σε συνδυασμό με την υπερβολική χρήση του νερού για αρδευτικούς σκοπούς, προκαλούν περιορισμό της ροής του, με άμεση συνέπεια την αύξηση της συγκέντρωσης θρεπτικών που έχουν ως επακόλουθο την αύξηση του ευτροφισμού. Οι υψηλές συγκεντρώσεις των θρεπτικών παρατηρήθηκαν πρώτα στη χειμερινή περίοδο κυρίως από την έκπλυση των λιπασμάτων από τα επίγεια συστήματα μετά από έντονες βροχοπτώσεις, κατά τη διάρκεια των ζεστών μηνών λόγω της χαμηλής ροής των υδάτων του ποταμού και το φθινόπωρο όταν άρχισαν να αποσυντίθενται οι φυτικοί οργανισμοί. Τα φωσφορικά άλατα είναι εντυπωσιακά αυξημένα, κυρίως μετά την πόλη της Λάρισας, όπου υπάρχουν λύματα και βιομηχανικά απόβλητα. Οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών και οργανικού άνθρακα είχαν αυξηθεί ως συνέπεια των ανθρωπογενών εισροών, ιδιαίτερα στο σημείο απόρριψης των σταθμών επεξεργασίας λυμάτων. Από την εργασία αυτή καταδεικνύεται ότι η γεωργική διαχείριση, η αστική ρύπανση, κυρίως από τη πόλη της Λάρισας, και οι κλιματολογικές συνθήκες στη λεκάνη απορροής του Πηνειού ποταμού και των παραποτάμων του επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τη χημική σύνθεση των υδάτων τους (Bellos et al., 2004).

Ένα ακόμα σημαντικό άρθρο για τον Πηνειό ποταμό είναι αυτό των Fytianos et al., 2002, στο οποίο γίνεται εκτίμηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του Πηνειού ύστερα από συστηματικές χημικές αναλύσεις διάρκειας ενός έτους σε οκτώ σημεία δειγματοληψίας σε σημειακές και μη σημειακές πηγές ρύπανσης κατά μήκος του ποταμού. Τα σημαντικότερα ευρήματα αυτής της μελέτης έδειξαν υποβάθμιση της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων από εκτεταμένη χρήση λιπασμάτων και

φυτοφαρμάκων κάτι που αποδεικνύει ότι η γεωργία διαδραματίζει ένα πολύ σημαντικό ρόλο στην υποβάθμιση της ποιότητας των επιφανειακών νερών, ιδιαίτερα στην περιοχή της Θεσσαλίας, η οποία είναι η μεγαλύτερη πεδιάδα με τις μεγαλύτερες γεωργικές καλλιέργειες στην Ελλάδα (Savvides et al., 1991, Moustaka et al., 1994). Φυσικοχημικές παράμετροι όπως το pH, η αγωγιμότητα και το διαλυμένο οξυγόνο, δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές ούτε μεταξύ των σημείων, αλλά ούτε και μεταξύ των περιόδων δειγματοληψίας. Τα θρεπτικά παρουσίασαν έντονες διακυμάνσεις που κατά πάσα πιθανότητα προκλήθηκαν από τις εποχιακές αλλαγές των καιρικών φαινομένων. Τα βαρέα μέταλλα (Pb, Cd, Cr, Cu, Ni) κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα και η παρουσία τους έχει σχέση με τη γεωλογία της εξεταζόμενης περιοχής και όχι από ανθρωπογενείς πηγές. Στατιστική ανάλυση της διακύμανσης των σημαντικότερων χημικών παραμέτρων και βαρέων μετάλλων έδειξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των περιόδων δειγματοληψίας, αλλά ασήμαντες μεταξύ των σταθμών των δειγματοληψιών (Sawidis et al., 1991).

Ο Stamatis (1999), ύστερα από έρευνα που διενήργησε στον Πηνειό υποστηρίζει ότι η ρύπανση του ποταμού είναι εκτεταμένη με το μεγαλύτερο μέρος των ρύπων να εντοπίζεται στο κατάντη τμήμα του. Η χρήση των νερών για αρδευτικούς σκοπούς με βάση τον συντελεστή SAR και την αλατότητα είναι αποδεκτή.

Τέλος, σημαντική είναι η δράση της τοπικής οργάνωσης «Σύλλογος Φίλων Πηνειού και Παραποτάμιου Πολιτισμού», με μηνιαίες δειγματοληψίες στον Πηνειό ποταμό και πιο συγκεκριμένα σε 3 σημεία δειγματοληψίας (στην συμβολή της εσωτερικής με την εξωτερική κοίτη στη πόλη της Λάρισας-είσοδος ποταμού από τη πόλη, στη γέφυρα της συνοικίας «Νέα Σμύρνη» στη πόλη της Λάρισας-έξοδος ποταμού από τη πόλη και στην βιομηχανική περιοχή (ΒΠΠΕ) κοντά στο φράγμα της Γυρτώνης - αντίκτυπος βιομηχανικής περιοχής στο ποτάμι μετά την έξοδό του από τη πόλη της Λάρισας. Τα τελευταία χρόνια η επανάληψη των δειγματοληψιών έχει σταματήσει για διάφορους λόγους, κυρίως οικονομικούς, με την τελευταία δειγματοληψία να έχει πραγματοποιηθεί στις 12 Δεκεμβρίου 2011. Τα επιφανειακά ύδατα του Πηνειού έχουν χαρακτηριστεί μέτριας ως καλής ποιότητας.

Σημαντική είναι η ρύπανση που έχει παρατηρηθεί και στους παραποτάμους του Πηνειού όπως αναφέρουν σχετικές έρευνες.

Μια ενδιαφέρουσα εργασία για το Ληθαίο, δημοσιεύθηκε από τη Ζήση (2007). Δείγματα νερού από τον ποταμό Ληθαίο λαμβάνονταν μηνιαία από επτά δειγματοληπτικούς σταθμούς, κατά μήκος της κοίτης του, από τον Απρίλιο έως και τον Οκτώβριο 2005. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων οι τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων που μετρήθηκαν εμπίπτουν στα όρια της νομοθεσίας, με εξαίρεση τις τιμές των φωσφορικών αλάτων και του μολύβδου για συγκεκριμένους σταθμούς και χρονικές περιόδους. Η ποιότητα των νερών του ποταμού σύμφωνα με τα κριτήρια που τίθενται από την Οδηγία Πλαίσιο 2000/60/ΕΕ για την πολιτική στον τομέα των υδάτων χαρακτηρίζεται ως μέτρια.

Οι Κουτσομήτρου κ.α. (2005) πραγματοποίησαν δειγματοληψίες για την εξέταση χημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων δειγμάτων νερού στον ποταμό Ληθαίο, παραπόταμο του Πηνειού στο νομό Τρικάλων και τελικό αποδέκτη της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων του νομού. Οι δειγματοληψίες έγιναν σε έξι σημεία του ποταμού ανάντη και κατόντη της μονάδας σε δύο διαφορετικές χρονικές περιόδους, άνοιξη και καλοκαίρι.

Στα ύδατα έγιναν μετρήσεις προσδιορισμού του pH, του διαλυμένου οξυγόνου, των νιτρικών, των νιτρωδών και των φωσφορικών ιόντων, του BOD₅ και του COD. Τα νερά του Ληθαίου εμφανίζουν φυσιολογικές τιμές pH, ενώ από τις μετρήσεις του διαλυμένου οξυγόνου φαίνεται ότι ο ποταμός κατά θέσεις παρουσιάζει στοιχεία ευτροφισμού και επιβάρυνση λόγω της ύπαρξης οργανικού φορτίου. Στα σημεία εξόδου των εκροών της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων το BOD₅ εμφανίζεται αυξημένο. Τα φωσφορικά ιόντα, επίσης, εμφανίζουν υψηλές τιμές κατόντη της μονάδας, χωρίς να υπερβαίνουν τα όρια. Τα ιόντα αυτά προέρχονται κυρίως από τα αστικά λύματα. Η μονάδα αφαιρεί σημαντικό τμήμα ρυπαντικού φορτίου των αστικών λυμάτων, που επεξεργάζεται, ωστόσο αποτελεί σημαντική σημειακή πηγή ρύπανσης του ποταμού ως προς τα φωσφορικά ιόντα (Κουτσομήτρου κ.α., 2005).

Οι Dassenakis et al. (1998), παρουσιάζουν μια ενδιαφέρουσα μελέτη με αντικείμενο έρευνας τη ρύπανση από σημειακές και μη σημειακές πηγές και τις επιπτώσεις τους στην ποιότητα των νερών του Ληθαίου ποταμού. Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων χαρακτήριζαν το Ληθαίο ως ένα μέτρια μολυσμένο ποταμό, αλλά με αυξημένα φαινόμενα ευτροφισμού και συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων και οργανικών ρύπων σε ορισμένα τμήματα του. Οι μέσες τιμές των κυριότερων ρύπων στο Ληθαίο

ήταν NO_3^- : 4,0 mg/l, NO_2^- : 0,10 mg/l, P: 0,37 mg/l, Cu: 7,1 mg/l, Pb: 4,8 mg/l, Zn: 3,9 mg/l, Ni: 12,8 mg/l, Cr: 3,5 mg/l.

3.6. Ανάλυση πιέσεων στο υδάτινο περιβάλλον

Το Άρθρο 5 της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Νερά (2000/60/EE) απαιτεί κάθε κράτος μέλος να εξασφαλίζει ότι, για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού ή για κάθε τμήμα διεθνούς περιοχής λεκάνης απορροής ποταμού το οποίο βρίσκεται στο έδαφος του, πραγματοποιείται η επισκόπηση των επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στην κατάσταση των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές του Παραρτήματος II της Οδηγίας. Στο πλαίσιο αυτό, γίνεται στη συνέχεια αναφορά στις πιέσεις που δέχεται ο ποταμός Πηνειός από σημειακές και διάχυτες πηγές ρύπανσης στο νομό Λάρισας.

3.6.1. Σημειακές πηγές ρύπανσης

Οι σημειακές πηγές ρύπανσης σχετίζονται με απορροές ρυπαντικών φορτίων, κυρίως από τα αστικά υγρά απόβλητα από οικισμούς που εξυπηρετούνται από δίκτυα αποχέτευσης ή κεντρικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, την κτηνοτροφία, τη βιομηχανία, τις μεταλλευτικές δραστηριότητες, τις ιχθυοκαλλιέργειες καθώς και τους χώρους ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων (ΧΑΔΑ). Δευτερεύουσας σημασίας πηγές ρύπανσης είναι οι χώροι υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ) και οι εξορυκτικές δραστηριότητες όσον αφορά τις λατομικές εγκαταστάσεις.

Από τα διαθέσιμα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν για τις σημειακές πηγές ρύπανσης στο Νομό Λάρισας, καθίσταται προφανής η αυξημένη πίεση στα υδάτινα σώματα της λεκάνης απορροής του Πηνειού από όλων των ειδών τις δραστηριότητες που αναπτύσσονται. Δεν είναι αμελητέα και η πίεση που ασκούν οι χώροι ανεξέλεγκτης διάθεσης που είναι διάσπαρτοι σε όλη τη λεκάνη του Πηνειού. Επίσης, έντονη είναι η παρουσία της βιομηχανικής δραστηριότητας.

Αστικά Λύματα

Τα αστικά λύματα ως σημειακή πηγή ρύπανσης αφορούν τις περιπτώσεις που υπάρχουν συλλογικά αποχετευτικά συστήματα ή κεντρικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.

Σύμφωνα με τα οριζόμενα στην Οδηγία 91/271/ΕΕ δεν έχουν θεσμοθετηθεί ευαίσθητοι αποδέκτες και επομένως δεν υπάρχουν οικισμοί Α' προτεραιότητας.

Αναλυτικότερα, στο υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας λειτουργούν 16 εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Ο Πηνεϊός είναι αποδέκτης άμεσα ή έμμεσα, των επεξεργασμένων υγρών απόβλητων πέντε (5) εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων. Πιο συγκεκριμένα τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα των μονάδων επεξεργασίας της Λάρισας, της Γιάννουλης και της ΒΙΠΕ Λάρισας καταλήγουν άμεσα στον Πηνεϊό, ενώ του Τύρναβου (μέσω Τιταρήσιου) και της Ελασσόνας (μέσω Ελασσονίτη και Τιταρήσιου) έμμεσα καταλήγουν σε αυτόν. Για την παραγόμενη ιλύ, η συνήθης πρακτική διαχείρισης είναι η διάθεσή της σε ΧΥΤΑ, πλην της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων Λάρισας που η ιλύς διατίθεται ως λίπασμα στη γεωργία.

Συνολικά ο πληθυσμός που εξυπηρετείται από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων στο υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας ανέρχεται περίπου σε 440000 ισοδύναμους κατοίκους (δηλαδή περίπου το 60%) (ΥΠΕΚΑ, 2012).

➤ Μονάδα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων Λάρισας

Η μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Λάρισας λειτουργεί από το 1991 με αρχική δυναμικότητα 110000 ατόμων, ενώ πρόσφατα έγινε επέκταση και αναβάθμιση της μονάδας με τελική δυναμικότητα 210000 ατόμων που καλύπτει τις ανάγκες τουλάχιστον μέχρι το 2030. Ο χώρος των εγκαταστάσεων είναι συνολικά 115 στρέμματα και περιβάλλεται από αντιπλημμυρικό ανάχωμα. Η εγκατάσταση δέχεται το σύνολο των λυμάτων της Λάρισας καθώς και βυτία με βοθρολύματα από εκτός σχεδίου περιοχές, βιοτεχνίες, αποφρακτικά του Δήμου, κλπ (ΔΕΥΑ Λάρισας, 2013).

Η πόλη της Λάρισας διαθέτει πλήρες αποχετευτικό δίκτυο που καλύπτει ολόκληρο το σχέδιο πόλης. Το αποχετευτικό δίκτυο αποτελείται από ορισμένους κεντρικούς συλλεκτήρες και μεγάλο αριθμό από συμβάλλοντες σε αυτούς δευτερεύοντες και τριτεύοντες αγωγούς οι οποίοι μαζί και με 4 ενδιάμεσα αντλιοστάσια συγκεντρώνουν τα λύματα της πόλης στο κεντρικό αντλιοστάσιο πλησίον του Πηνεϊού. Από εκεί τα λύματα οδηγούνται μέσω Κεντρικού Αγωγού προς την Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων (ΔΕΥΑ Λάρισας, 2013).

Η μέθοδος επεξεργασίας είναι δευτεροβάθμια με το σύστημα ενεργού ιλύος, με βιολογική απομάκρυνση αζώτου, με νιτροποίηση και απονιτροποίηση, απολύμανση και αναερόβια σταθεροποίηση της ιλύος (Αργυρούλη, 2005).

➤ Μονάδα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων Τύρναβου

Η Μονάδα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων του Τύρναβου βρίσκεται σε αγροτική περιοχή 700 μέτρα ανατολικά του Τύρναβου και πλησίον του ποταμού Τηταρήσιου, ο οποίος είναι και ο αποδέκτης των επεξεργασμένων υδάτων. Άρχισε να λειτουργεί από το 1995 και έχει σχεδιαστεί για την εξυπηρέτηση 18,000 ισοδύναμων κατοίκων (Αργυρούλη, 2005).

Η μέθοδος επεξεργασίας είναι δευτεροβάθμια με το σύστημα της ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό και παράλληλη νιτροποίηση-απονιτροποίηση για την απομάκρυνση του αζώτου, μηχανική αφυδάτωση της ιλύος, διήθηση σε φίλτρο άμμου και απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία (UV).

➤ Μονάδα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων ΒΙΠΕ Λάρισας

Η υπάρχουσα ΒΙΠΕ (Βιομηχανική Περιοχή) καταλαμβάνει συνολική έκταση ίση με 2500 στρέμματα. Έχει σήμερα πληρότητα μόνο κατά 60%. Όμως, λόγω της πρόσφατης ολοκλήρωσης των έργων τεχνικής υποδομής, προβλέπεται να κορεστεί σε χρονικό διάστημα μιας δεκαετίας. Για το λόγο αυτό απαιτείται διερεύνηση της δυνατότητας επέκτασής της ή της δημιουργίας νέας. Εκτιμάται ότι η κάλυψη των αναγκών σε ορίζοντα δεκαετίας θα απαιτήσει επέκταση τουλάχιστον 2000 στρεμμάτων. Αν ληφθεί δε υπόψη ότι το μεγαλύτερο μέρος των βιομηχανικών μονάδων του πολεοδομικού συγκροτήματος της Λάρισας βρίσκεται εκτός οργανωμένων υποδοχέων κι ότι υπάρχει προοπτική μετεγκατάστασης κάποιων από αυτές, η οργάνωση του τομέα θα απαιτήσει επιπλέον έκταση 5000 στρεμμάτων για την κάλυψη των τοπικών αναγκών μακροπρόθεσμα. Εξάλλου για την εξυγίανση του αστικού ιστού από οχλούσες βιοτεχνίες θα απαιτηθεί επίσης έκταση ΒΙΟΠΑ (Βιοτεχνικό Πάρκο), τουλάχιστον 5000 στρεμμάτων για την κάλυψη σταδιακά των σημερινών και των μελλοντικών αναγκών (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2003).

Οι δραστηριότητες των βασικών βιομηχανικών μονάδων που εντοπίζονται εντός της ΒΙΠΕ Λάρισας και των επιχειρήσεων προς εγκατάσταση σε αυτή φαίνονται στους Πίνακες 3.4 και 3.5 αντίστοιχα.

Πίνακας 3.4: Εγκατεστημένες βιομηχανικές μονάδες της ΒΙΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ

A/A	ΕΠΩΝΥΜΙΑ	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ
1	ABA ΑΕ	Μονάδα παραγωγής και επεξεργασίας πλαστικών
2	STAFF SA	Εμπορία Ενδυμάτων
3	ΑΣΕΠΤ ΑΕ	Βιομηχανία μεταποίησης και εμπορία ειδών διατροφής
4	ΒΙΟΜΕΤΑΛΚΟ ΕΠΕ	Μεταλλικές κατασκευές
5	Χ.ΠΑΣΙΑΣ-Δ.ΗΛΙΟΠΟΥΛΟΣ ΟΕ	Κατασκευή γεωργικών μηχανημάτων
6	ΛΟΛΑΣ Ζ. ΟΕ / IRRITEC	Κατασκευή αρδευτικών και γεωργικών μηχανημάτων
7	ALFA WOOD ΑΕΒΕ	Βιομηχανία Επεξεργασίας Ξύλου
8	ΚΑΡΚΑΝΙΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΑΕ	Βιολογικοί Καθαρισμοί
9	ΑΡΩΜΑ ΑΕ	Τυποποίηση Ελαίων
10	ΛΑΒΥΣ ΑΒΕΕ	Λαρισαϊκή Βιομηχανία υποπροϊόντων σφαγείων
11	ΜΠΕΤΤΙΝΑ	Παραγωγή και εμπορία προϊόντων πλεκτικής
12	ΕΙΔΗ ΠΛΕΚΤΙΚΗΣ ΑΕΒΕ	
13	SILKE COLOUR	Βαφεία -Φινιριστήρια
14	ΒΑΦΕΙΑ-ΦΙΝΙΡΙΣΤΗΡΙΑ ΑΕΒΕ	
15	ΟΣΚΑΡ ΑΒΕΕ	Μονάδα κατασκευής υδραυλικών συστημάτων
16	ΖΑΜΠΑΚΑΣ Γ. - ΠΑΝΙΚΙΔΗΣ Σ.	Παραγωγή τελικών προϊόντων χαρτιού
17	ΡΟΛΛΟΧΑΡΤΙΚΗ ΑΒΕΕ	
18	FISCOP-TECNICA ΑΕ	Παραγωγή πλαστικών ειδών συσκευασίας
19	ΒΙΟΜΑΡ ΑΕ	Επεξεργασία και τυποποίηση αγροτικών προϊόντων
20	D.S STEEL ΑΕ	Κατασκευή ηλεκτρομηχανολογικών και μεταλλικών συσκευών
21	ΠΕΤΡΟΓΚΑΖ ΑΕ	Εμφιαλώσεις Υγραερίου
22	GEMINI Σ.ΤΣΑΓΓΑΛΑΣ & ΣΙΑ ΕΕ	Κατασκευή και εμπορία μεγάρφων και ηλεκτρικών συσκευών
23	ΑΒΓΟ ΑΒΕΕ	Μονάδα διαχωρισμού και παστερίωσης αβγού
24	Δ. & ΑΠ.ΜΠΑΛΑΜΩΤΗΣ ΟΕ	Τυποποίηση ελαιόλαδων και σπορέλαιων
25	ΤΕΧΝΟΠΛΑΣΤ	Βιοτεχνία Πλαστικών
26	Δ.ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ- Ν.ΧΑΤΖΗΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΟΕ	
27	Λ.ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ & ΣΙΑ ΕΕ	Παραγωγή αλλαντικών

Πίνακας 3.4: Εγκατεστημένες βιομηχανικές μονάδες της ΒΙΠΕ ΛΑΡΙΣΑΣ (συνέχεια)

A/A	ΕΠΩΝΥΜΙΑ	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ
28	ΒΑΡΣΑΜΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	Βιοτεχνία Χρωμάτων
29	PANEL CENTER ΕΠΕ	Κατασκευή και μεταποίηση PANEL
30	SIN HELLAS ΟΕ	Μονάδα παραγωγής κτηνοτροφικών
31	ΑΦΟΙ ΜΑΚΡΗ ΟΕ	Κατασκευή και εμπορία επίπλων
32	ΜΕΝΤΙΣΠΕΣ ΑΕΒΕ	Μονάδα παραγωγής ιατρικών προϊόντων
33	ΚΟΣΜΟΒΑΤ ΑΕΒΕ	Στρωματοβιομηχανία
34	ΕΛΒΙΕΒ	Βαμβακόπιτα, Σπορelaiουργείο
35	Ε.ΧΑΛΚΙΔΗΣ & ΣΙΑ ΕΠΕ	
36	ΓΚΑΡΛΕΜΟΣ ΑΣΤΕΡΙΟΣ	Κατασκευή ξύλινων επίπλων
37	ΦΟΥΚΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ & ΣΙΑ Ο.Ε. (VIOFYL)	Συστήματα Επιγραφών
38	ΔΙΑΝΑ ΑΕ	Παραγωγή χαρτιού
	ΧΑΡΤΟΠΟΙΑ ΘΡΑΚΗΣ	
39	ΘΕΣΣΑΛΙΚΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ	Ανακύκλωση χαρτιού
		Τυπογραφείο
40	ΖΕΠΙΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ & ΣΙΑ ΟΕ	Εργοστάσιο επίπλων
	ΠΑΠΑΙΩΑΝΝΟΥ Χ. - ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ Γ. ΟΕ	
41	ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΧΥΜΟΙ ΑΕΒΕ	Παραγωγή αλκοολούχων ποτών και αναψυκτικών από συμπυκνωμένους χυμούς
42	UNION CHEMICAR BALKAN ΕΠΕ	Παραγωγή και εμπόριο μελανοταινιών
43	ΝΤΙΤΣΙΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ	Επεξεργασία και τυποποίηση κρεάτων
44	ΜΑΚΗ ΑΕ	Συντήρηση & εμπορία αγροτικών προϊόντων
45	CHIPITA INTERNATIONAL ΑΕ	Αποθηκευτικοί χώροι
46	ΓΚΑΓΚΟΥ ΑΦΟΙ ΟΕ	Παρασκευή τεχνητών διακοσμητικών λίθων
47	FASHION GROUP ΑΕΒΕ	Έτοιμα ενδύματα

Πίνακας 3.5: Επιχειρήσεις προς εγκατάσταση στη ΒΙΠΕ Λάρισας

A/A	ΕΠΩΝΥΜΙΑ	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ
1	BMS ΑΕΒΕ	Βιομηχανία κουμπιών
2	ΜΕΖΙΟΥΔΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ	Μεταλλικές κατασκευές
3	ΜΑΝΤΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ & ΣΙΑ ΟΕ	Μεταλλικά και ξύλινα έπιπλα
4	ΑΡΓΥΡΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΗΣ & ΣΙΑ ΕΕ	Βιοτεχνία μεταποίησης αλεύρων

Πίνακας 3.5: Επιχειρήσεις προς εγκατάσταση στη ΒΙΠΕ (Λάρισας συνέχεια)

A/A	ΕΠΩΝΥΜΙΑ	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ
5	ΑΚΡΥΛΙΚΑ ΕΛΛΑΔΑΣ ΑΒΕΕ	Παραγωγή ακρυλικών
6	ΑΦΟΙ ΑΛΜΠΙΑΝΗ ΣΤ. Ο.	Εργοστάσιο μαρμάρων

Ο βιολογικός καθαρισμός στην περιοχή της ΒΙΠΕ ολοκληρώθηκε σχετικά πρόσφατα, όπως και ο αγωγός σύνδεσης των επεξεργασμένων αποβλήτων με τον εγκεκριμένο τελικό αποδέκτη, ο οποίος είναι ο Πηνειός ποταμός. Σύμφωνα με την τεχνική έκθεση κατασκευής της μονάδας καθαρισμού αποβλήτων της ΒΙΠΕ Λάρισας, τα απόβλητα από το δίκτυο ακαθάρτων περνούν από ευθύγραμμη αυτοκαθαριζόμενη εσχάρα και εισέρχονται στη δεξαμενή υποδοχής αποβλήτων. Από εκεί υποβρύχιες αντλίες τα καταθλίβουν σε κοινό συλλέκτη και μέσω αυτού σε κοινό καταθλιπτικό αγωγό προς τη δεξαμενή εξισορρόπησης – απονιτροποίησης (ΔΕΥΑ Λάρισας, 2013).

Στη δεξαμενή αυτή είναι εγκατεστημένες 21 μονάδες στατικού αερισμού για την ανάδευση και προ αερισμό των εισερχόμενων αποβλήτων. Επίσης, στη δεξαμενή αυτή επανακυκλοφορεί και βιολογική λάσπη από την δεξαμενή καθίζησης, οπότε τα απόβλητα υφίστανται υδραυλική και χημική εξισορρόπηση, ενώ ταυτόχρονα λαμβάνει χώρα και το φαινόμενο της απονιτροποίησης. Εάν η ποσότητα των αποβλήτων είναι μικρή υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί η δεξαμενή αυτή ως βιολογικός αντιδραστήρας. Κατόπιν το μικό υγρό οδηγείται προς τη δεξαμενή αερισμού με τη βοήθεια αεραντλιών. Ο κυρίως αερισμός και η μείωση του ρυπαντικού φορτίου γίνεται στις δεξαμενές αερισμού. Ο αερισμός και η αιώρηση της βιολογικής λάσπης γίνεται με τη βοήθεια μονάδων στατικού αερισμού, από τη βάση των οποίων εμφυσείται αέρας με μορφή χοντλής φυσαλίδας, η οποία ανερχόμενη διασπάται σε μικρότερες φυσαλίδες. Το μικό υγρό (βιολογική λάσπη και απόβλητο) από τις δεξαμενές αερισμού με τη βοήθεια βαρύτητας εισέρχεται στον μετρητή παροχής και εν συνεχεία στη δεξαμενή καθίζησης. Η βιολογική λάσπη καθιζάνει, παρασύρεται στον κώνο λάσπης και απομακρύνεται με τις αντλίες επανακυκλοφορίας, ενώ το διαυγασμένο απόβλητο οδηγείται με βαρύτητα στο συγκρότημα φυσικοχημικού καθαρισμού (Αργυρούλη, 2005).

Το υπερκείμενο υγρό από τις καθιζήσεις οδηγείται σε δύο, κατά σειρά, δεξαμενές αντίδρασης και κροκίδωσης, οι οποίες αναδεύονται με δύο αναδευτήρες (ταχύστροφο

και αργόστροφο αντίστοιχα). Στις δεξαμενές αυτές προστίθενται θειικό αργίλιο και πολυηλεκτρολύτης. Κατόπιν οι σχηματισμένες κροκίδες καθιζάνουν στη δεξαμενή διαύγασης. Η χημική λάσπη οδηγείται με τη βοήθεια αντλιών στον παχυντή λάσπης, ενώ το διαυγασμένο απόβλητο οδηγείται στη δεξαμενή χλωρίωσης. Τα διαυγασμένα απόβλητα διέρχονται από τη δεξαμενή ελέγχου και διόρθωσης του pH και κατόπιν από τη δεξαμενή χλωρίωσης, όπου απολυμαίνονται με υποχλωριώδες νάτριο. Η περίσσεια βιολογικής λάσπης που προέρχεται από την καθίζηση, καθώς και η χημική από το συγκρότημα φυσικοχημικού καθαρισμού οδηγούνται σε κυκλικό παχυντή λάσπης. Το υπερχειλίσμα επιστρέφει στην είσοδο της εγκατάστασης μέσω του δικτύου αποχέτευσης. Εν συνεχεία η αφυδατωμένη λάσπη αποτίθενται με τη βοήθεια μεταφορικής ταινίας ή κοχλιομεταφορέα σε πλατφόρμα για τη διάθεσή της (Αργυρούλη, 2005).

Βιομηχανία

Ιδιαίτερη συγκέντρωση βιομηχανικών μονάδων στο νομό παρατηρείται στην ευρύτερη περιοχή του πολεοδομικού συγκροτήματος της Λάρισας. Πολλές μονάδες είναι εγκατεστημένες σε κατάλληλα οργανωμένες βιομηχανικές περιοχές της ΕΤΒΑ (ΒΙΠΕ Λάρισας) καθώς και σε περιοχές που βρίσκονται στις παρυφές των πόλεων ή κωμοπόλεων και έχουν χαρακτηριστεί ως βιομηχανικές, βιοτεχνικές, χονδρεμπορίου, κ.λπ, στα πλαίσια του Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου. Συγκεκριμένα τέτοιες μονάδες συγκεντρώνονται στους οδικούς άξονες Λάρισας-Τεμπών (ΠΑΘΕ), όπου υπάρχει η ΒΙΠΕ (εκτός ΖΟΕ), Λάρισας-Συκουρίου, όπου βρίσκεται και καθορισμένη βιομηχανική ζώνη εντός ΓΠΣ, Λάρισας-Βόλου (ΠΕΟ), όπου βρίσκεται καθορισμένη βιομηχανική ζώνη εντός ΓΠΣ, Λάρισας-Νίκαιας και Λάρισας-Τύρναβου με μεγάλη συγκέντρωση γύρω από τον οικισμό Γιάννουλη. Οι μικρομεσαίες παραγωγικές μονάδες και κυρίως οι οικογενειακές που λειτουργούν σε παραδοσιακούς κλάδους είναι διάσπαρτες σε όλη τη Θεσσαλία και κυρίως στις μεγάλες αστικές συγκεντρώσεις και στους οδικούς άξονες. Μικρότερη συγκέντρωση μονάδων μεταποίησης υπάρχει κατά μήκος του περιφερειακού δρόμου νοτιοδυτικά της πόλης, κατά μήκος των οδικών αξόνων Λάρισας-Τρικάλων, Λάρισας-Κοιλιάδας, Λάρισας-Αγιάς, καθώς και στην ευρύτερη περιοχή Φαρσάλων, Ελασσόνας και Αγιάς (Στυλιανάκης, 2000).

Γενικότερα, για το σύνολο του υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας, από τα διαθέσιμα στοιχεία το 40% των μονάδων βρίσκεται εντός βιομηχανικών περιοχών και περίπου το 60% στον άξονα των καλλικρατικών Δήμων Λάρισας-Κιλελέρ-Ρήγα Φεραίου-Βόλου-

Αλμυρού. Για τις μονάδες εκτός ΒΙΠΕ, από το σύνολο των απογραφεισών μονάδων, η βιομηχανική δραστηριότητα εξειδικεύεται σε κλάδους μεταποίησης αγροτικών προϊόντων (κυρίως βιομηχανίες ειδών διατροφής), γεγονός που συνδέεται με τον έντονο αγροτικό χαρακτήρα της Θεσσαλίας (ΥΠΕΚΑ, 2012).

Στο Νομό Λάρισας έχουν καταγραφεί 6 βιομηχανίες οι οποίες υπάγονται στην Οδηγία για τον Ολοκληρωμένο Έλεγχο και Πρόληψη της Ρύπανσης (Οδηγία IPPC). Στις μονάδες αυτές περιλαμβάνονται και οι μονάδες IPPC που στην ουσία δεν παράγουν υγρά απόβλητα, όπως η βιομηχανία παραγωγής τσιμέντου και οι κεραμοποιίες. Επιπλέον, περιλαμβάνονται 4 εγκαταστάσεις που υπάγονται στην Οδηγία για τα ατυχήματα μεγάλης έκτασης (Οδηγία Seveso).

Εσταυλισμένη Κτηνοτροφία

Η εσταυλισμένη κτηνοτροφική δραστηριότητα αφορά την εκτροφή χοίρων και πουλερικών και κατά περίπτωση βοοειδών. Στο ΥΔ Θεσσαλίας το 65% είναι μονάδες εκτροφής βοοειδών σε στεγασμένους χώρους και οι υπόλοιπες μονάδες εκτροφής χοίρων. Συμπεριλαμβάνεται ανά μονάδα, η οποία υπάγεται στην Οδηγία για τον Ολοκληρωμένο Έλεγχο και Πρόληψη της Ρύπανσης (IPPC). Η πλειοψηφία των κτηνοτροφικών μονάδων βρίσκεται στη λεκάνη απορροής Πηνειού (84%) (ΥΠΕΚΑ, 2012).

Καθορίζεται ζώνη στο βόρειο τμήμα του νομού, όπου οι κτηνοτροφικές δραστηριότητες θα ασκούνται κατά προτεραιότητα, παράλληλα με άλλες συμβατές χρήσεις. Επίσης, έχει ήδη προταθεί η ανάπτυξη στην παράκτια ζώνη των εκβολών του Πηνειού ιχθυοκαλλιεργειών παραδοσιακής μορφής (διβάρια), καθώς και οστρακοκαλλιεργειών - ιχθυοκαλλιεργειών σε κατάλληλες θαλάσσιες ζώνες, χωρίς χερσαίες εκτάσεις, με εξυπηρέτηση από το αλιευτικό καταφύγιο Στομίου (Στυλιανάκης, 2010).

Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) – Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΑΔΑ)

Στο υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας καταγράφονται τέσσερις (4) ΧΥΤΑ σε λειτουργία (Λάρισας, Τρικάλων, Βόλου και Αργαλαστής). Εξ αυτών ο ΧΥΤΑ της Λάρισας εξυπηρετεί όλο το νομό, ο ΧΥΤΑ Τρικάλων εξυπηρετεί τους Νομούς Τρικάλων και Καρδίτσας, ο ΧΥΤΑ Βόλου εξυπηρετεί το μεγαλύτερο μέρος της ηπειρωτικής

Μαγνησίας και ο ΧΥΤΑ Αργαλαστής λειτούργησε σχετικά πρόσφατα και εξυπηρετεί μεγάλο μέρος του Πηλίου. Τα επεξεργασμένα στραγγίσματα των ΧΥΤΑ Λάρισας, Τρικάλων και Βόλου, οδηγούνται στις αντίστοιχες ΕΕΛ, ενώ του ΧΥΤΑ Αργαλαστής ανακυκλοφορούν στο ΧΥΤΑ μετά την επεξεργασία.

Πρακτικά, με την προϋπόθεση ορθής λειτουργίας, δε δημιουργούνται πιέσεις στα υδάτινα σώματα από τους εν λόγω ΧΥΤΑ (ΥΠΕΚΑ, 2012).

Επίσης, στο υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας καταγράφονται πενήντα ένας (51) ΧΑΔΑ. Όλοι οι ΧΑΔΑ είναι κλειστοί αλλά οι περισσότεροι μη αποκατεστημένοι και όλοι διαθέτουν άδεια αποκατάστασης. Δεκατρείς (13) βρίσκονται στο Νομό Καρδίτσας, δώδεκα (12) στο Νομό Λάρισας, έξι (6) στο νομό Μαγνησίας και είκοσι (20) στο Νομό Τρικάλων. Είκοσι οκτώ (28) από τους ΧΑΔΑ υπερβαίνουν σε έκταση τα δέκα (10) στρέμματα, με σημαντικότερο το ΧΑΔΑ Καλαμπάκας, που καταλαμβάνει έκταση 257 στρεμμάτων. Η πλειοψηφία των ΧΑΔΑ βρίσκεται στη λεκάνη απορροής Πηνειού (77%).

Εξορυκτική Δραστηριότητα

Μέχρι το 2006 στο Νομό Λάρισας υπήρχαν 6 λατομεία εξόρυξης μαρμάρου με συνολική παραγωγή ίση με 260 tn μαρμάρου και 7 λατομεία εξόρυξης αδρανών υλικών με αντίστοιχη παραγωγή ίση με 1640915 tn αδρανών υλικών. Σε ότι αφορά την εξόρυξη αδρανών, αυτή λαμβάνει χώρα στις περιοχές Κουτσοχερίου, Αγ. Γεωργίου Φαρσάλων, Μύρων, Αγιονερίου Ελασσόνας και Ποταμιάς. Στον τομέα των ενεργειακών ορυκτών ο νομός διαθέτει αξιοποιήσιμα κοιτάσματα λιγνίτη, ορυκτό στρατηγικής σημασίας σε εθνικό επίπεδο, στις περιοχές Δομένικου και Αμουρίου Ελασσόνας. Αντίθετα στον τομέα των μεταλλικών ορυκτών ο νομός Λάρισας δεν παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Όσον αφορά τα αμμοχάλικα ποταμού, σημαντικές απολήψεις γίνονται από την κοίτη του Τιταρήσιου ποταμού στην περιοχή Δαμασίου και του Βούλγαρη στην περιοχή Αγιονερίου. Τέλος σημαντικές αργιλοληψίες γίνονται στις περιοχές Καλοχωρίου, Ευαγγελισμού, Μύλου, Δρυμού, Τσαριτσάνης και Ελασσόνας (θέσεις Κάμπος και Μελούνα). Σύμφωνα με το ΙΓΜΕ ο Νομός Λάρισας μπορεί να θεωρηθεί ως το κέντρο της κεραμοποιίας, η οποία υποστηρίζεται από τις αργιλοληψίες στη Δ. Μακεδονία και τη Θεσσαλία (Στυλιανάκης, 2010).

3.6.2. Διάχυτες πηγές ρύπανσης

Οι μη σημειακές ή διάχυτες πηγές ρύπανσης των επιφανειακών υδάτινων σωμάτων, σχετίζονται με απορροές ρυπαντικών φορτίων, κυρίως θρεπτικών από την αγροτική δραστηριότητα, την κτηνοτροφία και τα αστικά υγρά απόβλητα από οικισμούς που δεν εξυπηρετούνται από δίκτυα αποχέτευσης και κεντρικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.

Στο νομό Λάρισας, η γεωργική γη υψηλής παραγωγικότητας περιλαμβάνει, κυρίως, το σύνολο της πεδινής έκτασης που εν γένει αρδεύεται, ορισμένες ημιορεινές εκτάσεις με μόνιμες καλλιέργειες στην δημοτική ενότητα Αγιάς και την παραποτάμια ζώνη στην περιοχή Ελασσόνας. Από τις αρδευόμενες εκτάσεις του Νομού Λάρισας (1070000 στρ), το 23,4% (250000 στρ.) αρδεύεται με συλλογικά δίκτυα, ενώ το 76,6% (820000 στρ) με ιδιωτικά έργα. Τέλος, όσον αφορά τους αναδασμούς, στον Νομό υπάρχει μια εκτεταμένη ζώνη αναδασμού που καλύπτει το κεντρικό-δυτικό και νότιο τμήμα του Νομού, τρεις διακεκριμένες ζώνες στο βόρειο τμήμα του και μία μικρότερη δίπλα στην έξοδο των Τεμπών (Στυλιανάκης, 2010).

Η αγροτική ρύπανση προέρχεται από την εκτεταμένη χρήση φυτοφαρμάκων, ζιζανιοκτόνων και τις αγροκτηνοτροφικές δραστηριότητες. 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 και των κτηνοτροφικών μονάδων (Σκούλλος, 2002).

Για την εκτίμηση μπορεί να γίνει μια ταξινόμηση των χρήσεων γης χρησιμοποιώντας τους διαφορετικούς συντελεστές εξαγωγής για το άζωτο και το φώσφορο. Οι εκτιμήσεις του ρυπαντικού φορτίου της επιφανειακής απορροής, σχετίζονται με την παραδοχή ότι οι ρυθμοί εφαρμογής θρεπτικών είναι σε συμφωνία με τον «Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής».

Αξιολογώντας τις ποσοτικές εκτιμήσεις για τη λεκάνη απορροής του ποταμού Πηνειού προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι επιφανειακές απορροές από τις καλλιεργούμενες εκτάσεις και την κτηνοτροφία συνεισφέρουν σημαντικά στα ρυπαντικά φορτία. Ειδικότερα, το οργανικό φορτίο και το φορτίο αζώτου λόγω της κτηνοτροφικής δραστηριότητας είναι πάνω από το 90% και 60% αντίστοιχα, ενώ μεγαλύτερη είναι η επίδραση του φορτίου φωσφόρου λόγω της γεωργικής δραστηριότητας (περίπου 70%).

Πίνακας 3.6: Συνολικό ετήσιο φορτίο που απορρέει επιφανειακά στο Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (Πηγή: ΥΠΕΚΑ, 2012)

BOD (kg/yr)	Αστικά	861633
	Κτηνοτροφία	11124422
N (kg/yr)	Αστικά	246181
	Κτηνοτροφία	3998866
	Γεωργία	2103842
P (kg/yr)	Αστικά	8248
	Κτηνοτροφία	156395
	Γεωργία	372218

Με την εφαρμογή των λιπασμάτων στο έδαφος, που συνήθως περιέχουν ανόργανα στοιχεία, προκαλείται αύξηση των λιπασματικών στοιχείων στο εδαφικό διάλυμα. Ποιοτικά οι πιο επιβλαβείς ρύποι για την υγεία του ανθρώπου, από τη γεωργία, είναι τα νιτρικά ιόντα, τα οποία με μεγάλη ευκολία μεταφέρονται με το νερό που διηθείται βαθιά δια μέσου της ακόρεστης ζώνης του εδάφους και της υπόγειας ροής στους υπόγειους υδροφορείς. Η άρδευση και η εφαρμογή των λιπασμάτων ανόργανου αζώτου φαίνεται ότι συντελούν στην ταχύτερη αύξηση των νιτρικών σε πολλές αγροτικές περιοχές. Τα στερεά απόβλητα των ζώων (κοπριές) είναι επίσης σημαντικές πηγές νιτρικών και διαλυμένων αλάτων (ΕΜΠ, 2008).

Τα φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα στη γεωργία για την προστασία των καλλιεργειών αποτελούν σημαντικό κίνδυνο ρύπανσης των υδάτων. Σημαντικό ρόλο για τη σοβαρότητα της ρύπανσης από τα αγροχημικά αποτελεί η τοξικότητα, η ποσότητα και ο χρόνος παραμονής της ουσίας στο έδαφος καθώς και ο τρόπος εφαρμογής τους στο έδαφος (Κούγκολος, 2005).

3.7. Πρόγραμμα παρακολούθησης επιφανειακών υδάτων

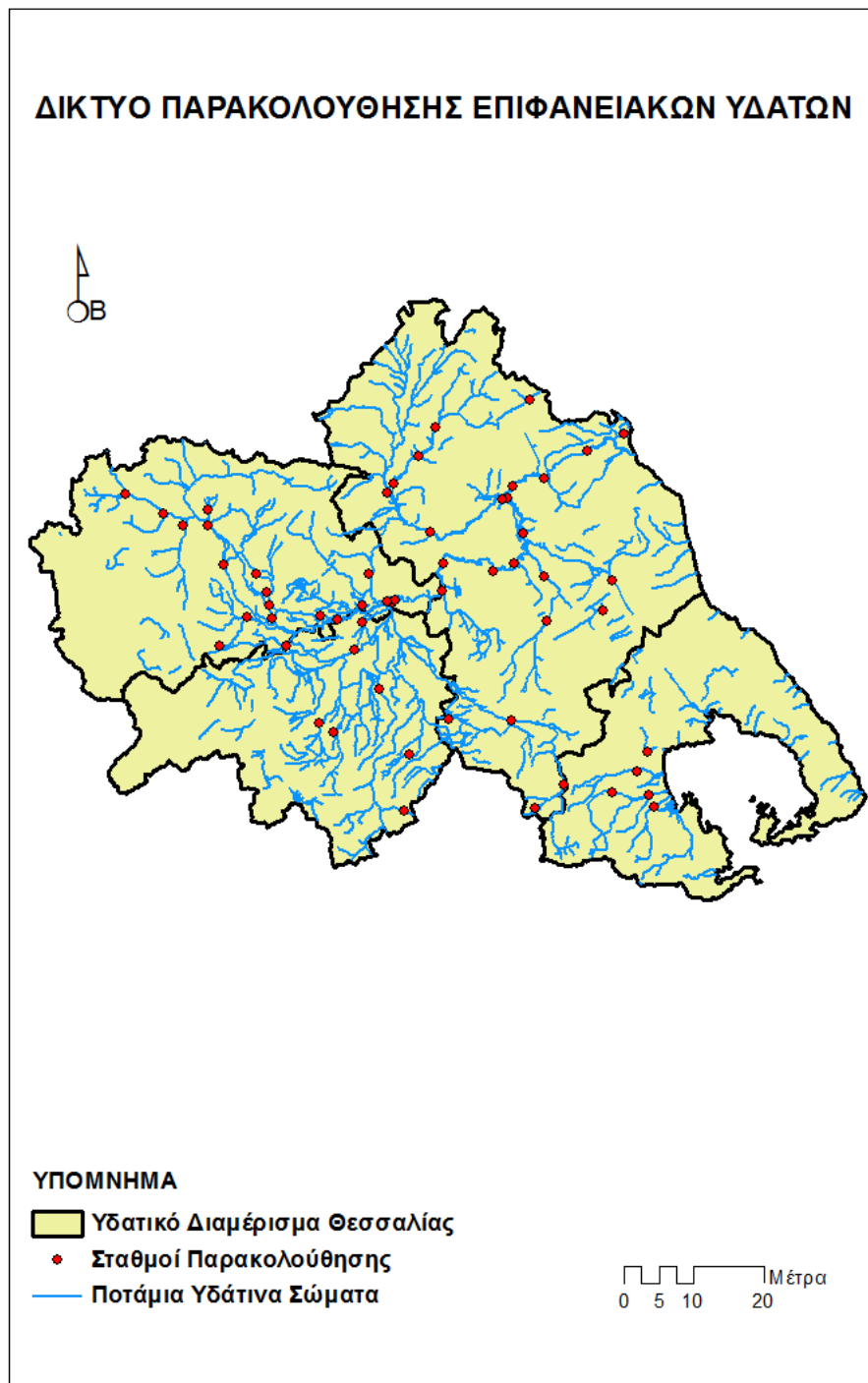
Σύμφωνα με την Οδηγία Πλαίσιο 2000/60/ΕΕ, σε λεκάνη απορροής ποταμού πρέπει να υπάρχει συνεκτική και συνολική εικόνα για την κατάσταση στην οποία βρίσκονται τα ύδατα της. Η κατάσταση των υδάτων μπορεί να δοθεί με την εγκατάσταση και την κατ' επέκταση χρήση δικτύων παρακολούθησης των υδάτων. Η επίτευξη της

ολοκληρωμένης παρακολούθησης επιτυγχάνεται μέσω της παρακολούθησης των επιφανειακών υδάτων, των υπογείων υδάτων και των προστατευόμενων περιοχών.

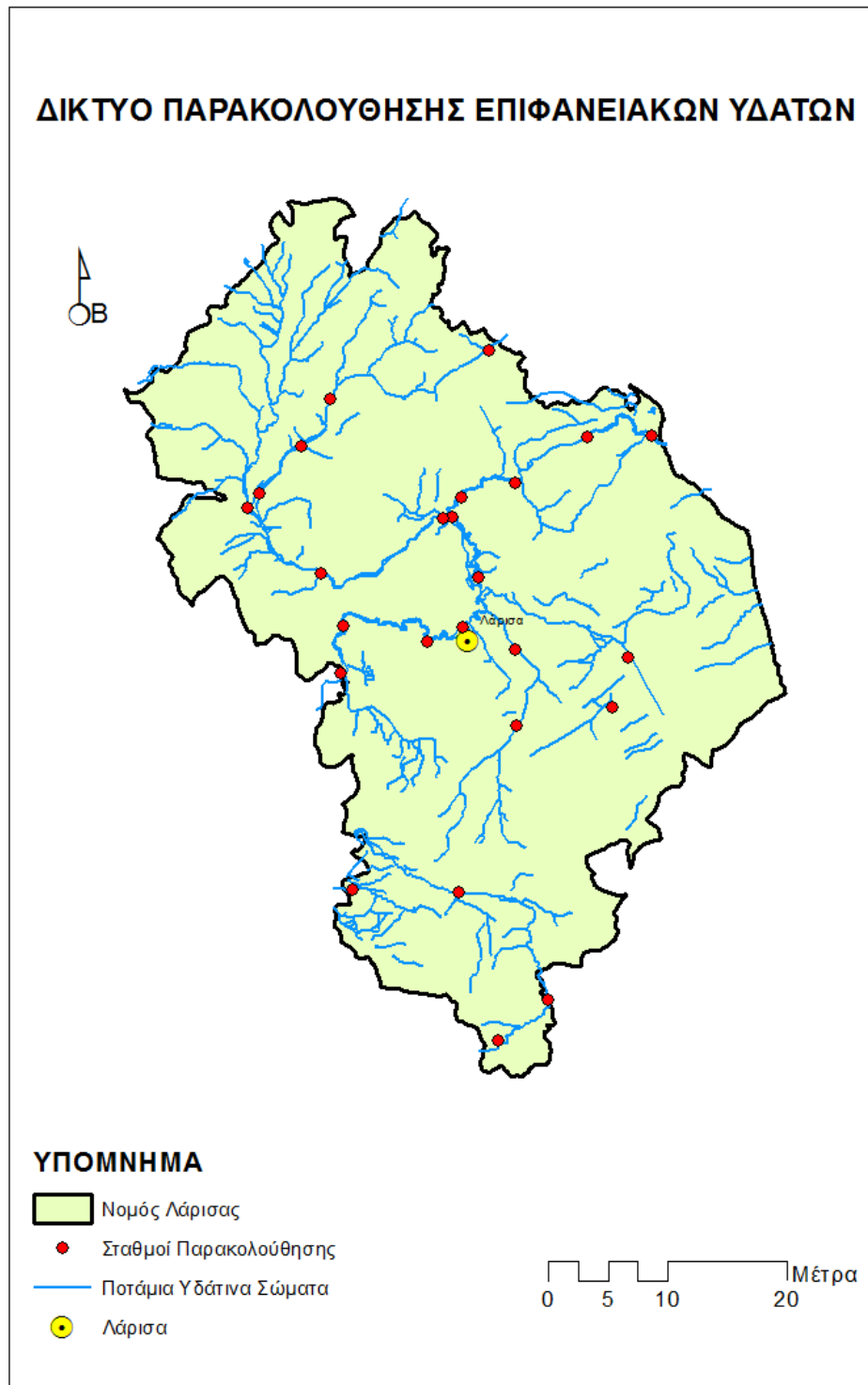
Με την ΚΥΑ 140384/2011 ορίστηκε το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης της ποιότητας και της ποσότητας των υδάτων με καθορισμό των θέσεων (σταθμών) μετρήσεων και των φορέων που υποχρεούνται στην λειτουργία τους, κατά το άρθρο 4, παράγραφος 4 του Ν 3199/2003. Το πλαίσιο του προγράμματος παρακολούθησης (είδος, σταθμοί, παράμετροι, συχνότητα) καθορίστηκε το 2009 κατά τη φάση εκπλήρωσης των υποχρεώσεων της χώρας κατ' εφαρμογή του άρθρου 8 και του Παραρτήματος V της Οδηγίας 2000/60/ΕΕ, λαμβάνοντας υπόψη την έως τότε γνώση και εμπειρία και τα αποτελέσματα του έργου «Υποστηρικτικές ενέργειες για την αποτελεσματική εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60/ΕΕ» (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2008), και στο οποίο μεταξύ άλλων καθορίστηκαν τα υδατικά συστήματα και πραγματοποιήθηκε η ανάλυση πιέσεων και επιπτώσεων σε αυτά.

Στη λεκάνη του Πηνειού υπάρχει πυκνό δίκτυο υδρομετρικών σταθμών για τη μέτρηση των παροχών των κύριων υδατορευμάτων και των πηγών. Ωστόσο, πολλοί από τους σταθμούς δεν έχουν την απαιτούμενη αξιοπιστία, ενώ κατά κανόνα τα δεδομένα τους βρίσκονται σε μορφή δύσκολα επεξεργάσιμη. Οι υδρομετρικοί σταθμοί των οποίων η λειτουργία ήταν στο παρελθόν από σχετικά αξιόπιστη έως υποδειγματική, τα τελευταία 10-15 χρόνια παρουσιάζουν σαφή υποβάθμιση της ποιότητας λειτουργίας τους, κυρίως λόγω της κατασκευής πρόχειρων φραγμάτων πολύ κοντά στον υδρομετρικό σταθμό, ώστε να είναι δυνατή η απόληψη νερού για άρδευση κατά τη θερινή περίοδο. Γενικά, οι δεσμεύσεις νερού κατά μήκος του υδρογραφικού δικτύου, με σκοπό την κάλυψη των τοπικών αρδευτικών αναγκών, καθιστά εξαιρετικά δύσκολη την κατάρτιση υδατικού ισοζυγίου, ακόμη και με βάση τα περιορισμένης αξιοπιστίας υδρομετρικά στοιχεία (ΕΜΠ, 2008).

Στη Θεσσαλία (Εικ. 3.4) υπάρχουν 57 σταθμοί παρακολούθησης εκ των οποίων οι 31 βρίσκονται στον Πηνειό, στους παραποτάμους του και τη λίμνη Κάρλα. Ειδικότερα, για το Νομό Λάρισας (Εικ. 3.5) υπάρχουν 25 σταθμοί εκ των οποίων οι 21 βρίσκονται στον Πηνειό και στους παραποτάμους του.



Εικόνα 3.4: Χάρτης με το δίκτυο παρακολούθησης επιφανειακών υδάτων του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας



Εικόνα 3.5: Χάρτης με το δίκτυο παρακολούθησης επιφανειακών υδάτων στο Ν. Λάρισσας

|

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η μεθοδολογία προσδιορισμού των σημείων δειγματοληψίας με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) και διερευνήθηκε η ποιότητα των υδάτων του Πηνειού ποταμού και επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων του Νομού Λάρισας με την εφαρμογή φυσικοχημικών και οικοτοξικολογικών αναλύσεων.

4.1. Μεθοδολογία προσδιορισμού των σημείων δειγματοληψίας

Για την πραγματοποίηση της δειγματοληψίας και τον έλεγχο της ποιότητας των επιφανειακών νερών του Πηνειού ποταμού προσδιορίστηκαν τα σημεία της δειγματοληψίας με βάση τις ασκούμενες πιέσεις στον υδάτινο αποδέκτη, τις αντίστοιχες αναφορές στην βιβλιογραφία για τον Πηνειό ποταμό και τις μετρήσεις των σταθμών του εθνικού δικτύου παρακολούθησης υδάτων στο Νομό Λάρισας.

Αρχικά, τα υπόβαθρα που χρησιμοποιήθηκαν για την περιοχή μελέτης της λεκάνης απορροής Πηνειού πάρθηκαν από τον διαδικτυακό τόπο δωρεάν διάθεσης γεωχωρικών δεδομένων geodata.gov.gr και αφορούσαν στοιχεία όπως τα όρια του Νομού Λάρισας, τα επιφανειακά υδάτινα σώματα και οι οικισμοί.

Στην συνέχεια, για τον εντοπισμό των πιέσεων των υδάτων και πιο συγκεκριμένα του Πηνειού ποταμού, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα όπως αυτά καταγράφηκαν στο Διαχειριστικό Σχέδιο Θεσσαλίας (ΥΠΕΚΑ, 2012) μετά από σχετική αίτηση στην Ειδική Γραμματεία Υδάτων. Τα δεδομένα που παραχωρήθηκαν για τις ανάγκες της συγκεκριμένης εργασίας αφορούσαν γεωχωρικά δεδομένα σημειακών πηγών ρύπανσης, όπως η βιομηχανική δραστηριότητα, η εσταυλισμένη κτηνοτροφία, η κατανομή των μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, ΧΥΤΑ & ΧΑΔΑ και η εξορυκτική δραστηριότητα που παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.1. Επίσης, με βάση την διαδικασία της ψηφιοποίησης προστέθηκαν ορισμένες βιομηχανίες οι οποίες δεν υπήρχαν στα διαθέσιμα δεδομένα.

Για την επεξεργασία και την παρουσίαση των παραπάνω χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πακέτο ArcGIS και τα εργαλεία ανάλυσης του ArcMap 10.

Επίσης, τα σημεία δειγματοληψίας από τα επιφανειακά ύδατα του Πηνειού ποταμού, επιλέχθηκαν με έμφαση στο διάστημα της εισόδου του ποταμού στην πόλη της Λάρισας ως την έξοδό του από την κοιλάδα των Τεμπών, ενώ λήφθηκαν δείγματα από τις εκροές τριών μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων που καταλήγουν στον Πηνειό, της Λάρισας, της Βιομηχανικής Περιοχής της Λάρισας και του Τύρναβου, με σκοπό τον προσδιορισμό των φυσικοχημικών παραμέτρων τους και την διερεύνηση της μελέτης των τοξικών επιδράσεων τους.

Τέλος, κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών μελετήθηκαν υγρά έκπλυσης ιζημάτων της περιοχής μελέτης μετά από έκπλυσή τους σε αναλογία υγρού στερεού L/S= 10 l/kg με σκοπό την έρευνα και την αποτύπωση πιθανής ρύπανσης των συγκεκριμένων περιοχών λόγω σημειακών και διάχυτων πηγών ρύπανσης.

4.2. Περιγραφή δειγματοληψίας

Η δειγματοληψία και τα αναλυτικά πρωτόκολλα ήταν σύμφωνα με οδηγία βασισμένη στο Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater, (Eaton & Ganson 2005). Οι αναλυτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για κάθε παράμετρο ξεχωριστά φαίνονται στην Παράγραφο 4.3.

Η πρώτη δειγματοληψία έγινε την 1 Οκτωβρίου 2013 λόγω χαμηλής στάθμης του ποταμού, ενώ ακολούθησε δεύτερη δειγματοληψία στις 12 Δεκεμβρίου 2013, χρονική περίοδος μετά τις μεγάλες βροχές του φθινοπώρου. Γενικότερα, στους μεσογειακούς ποταμούς προβλήματα που μπορούν να προκύψουν από την ρύπανση και την άντληση νερού είναι πιθανότερο να συμβούν κατά την περίοδο χαμηλής παροχής (Gasith & Resh, 1999).

4.3. Φυσικοχημικές αναλύσεις

Η σχετική νομοθεσία ορίζει τις προς μέτρηση παραμέτρους που επηρεάζουν την ποιότητα του νερού. Επίσης, καθορίζει τις μεθόδους μέτρησης των παραμέτρων αυτών, αναλόγως της κατηγορίας ύδατος (νερό κολύμβησης, νερό για οστρακοειδή, πόσιμο νερό, παράκτιο νερό, νερό άρδευσης, και άλλα), τις συνθήκες διεξαγωγής των μετρήσεων και ορίζει αυστηρά τις επιτρεπόμενες τιμές αυτών.

Στο πλαίσιο της εργασίας αυτής, επιλέχθηκαν ως αντιπροσωπευτικές της εκτίμησης της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων και των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων δώδεκα (12) παράμετροι και ως οδηγός χρησιμοποιήθηκαν τα όρια που ορίζουν οι Κοινοτικές Οδηγίες 76/464/ΕΕ και 91/271/ΕΕ, καθώς και προτεινόμενα όρια από τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) των Ηνωμένων Εθνών.

4.3.1. Μέτρηση του pH

Για τη μέτρηση του pH χρησιμοποιείται το πεχάμετρο. Για τη σωστή μέτρηση απαραίτητη προϋπόθεση είναι η σωστή ρύθμιση του οργάνου με τη βοήθεια ειδικών διαλυμάτων βαθμονόμησης (συνήθως με pH 4, 7 και 10). Στη συνέχεια αφού ξεπλύνουμε τα ηλεκτρόδια σε αποσταγμένο νερό τα βυθίζουμε στο αντίστοιχο ποτήρι ζέσεως του δείγματος και περιμένουμε να σταθεροποιηθεί η ένδειξη της οθόνης.

Για την μέτρηση του pH χρησιμοποιήθηκε το πεχάμετρο Inolab pH 720 της εταιρείας WTW (Εικ. 4.1).



Εικόνα 4.1: Πεχάμετρο Inolab 720

4.3.2. Μέτρηση της αγωγιμότητας

Για τη μέτρηση της αγωγιμότητας χρησιμοποιήθηκε αγωγιμόμετρο Inolab cond 720 της εταιρείας WTW (Εικ. 4.2). Βυθίζουμε τον αισθητήρα στο αντίστοιχο ποτήρι ζέσεως του δείγματος που θέλουμε να μετρήσουμε και το αναδεύουμε ελαφρά ώστε να είναι όσο το δυνατόν ομογενές, φροντίζοντας να μην υπάρχουν φυσαλίδες αέρα. Στη συνέχεια, περιμένουμε να σταθεροποιηθεί η ένδειξη της οθόνης. Σημαντικές παράμετροι για τη

σωστή μέτρηση της αγωγιμότητας είναι η θερμοκρασία του δείγματος (περίπου 25° C) και η σωστή ρύθμιση και βαθμονόμηση του οργάνου με τη χρήση ειδικών διαλυμάτων βαθμονόμησης (πρότυπα διαλύματα αγωγιμότητας 80 και 1100 $\mu\text{S}/\text{cm}$).



Εικόνα 4.2: Αγωγιόμετρο Inolab cond 720

4.3.3. Μέτρηση της θολότητας

Για τη μέτρηση της θολότητας χρησιμοποιήθηκε το φωτόμετρο Nephla-EU της εταιρείας Lange (Εικ. 4.3). Αφού ξεπλύνουμε πολύ καλά με άφθονο νερό δικτύου, αποσταγμένο νερό και σκουπίσουμε με χαρτί κουζίνας την κυψελίδα πριν από κάθε μέτρηση, την τοποθετούμε στην ειδική υποδοχή του θολόμετρου με το δείγμα που θέλουμε κάθε φορά να μετρήσουμε και περιμένουμε την ένδειξη να σταθεροποιηθεί.



Εικόνα 4.3: Θολερόμετρο Nephla-EU

4.3.4. Μέτρηση των ολικών αιωρούμενων στερεών

Για τη μέτρηση των ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS), αρχικά το φίλτρο διήθησης ζυγίζεται με ακρίβεια στον αναλυτικό ζυγό (Εικ. 4.4).



Εικόνα 4.4: Αναλυτικός ζυγός

Στη συνέχεια, γνωστός όγκος δείγματος νερού (300-400 mL) διηθείται από το προζυγισμένο φίλτρο στη συσκευή διήθησης (Εικ. 4.5), το οποίο τελικά ξηραίνεται σε φούρνο στους 105° C για 24 ώρες. Μετά την πλήρη ξήρανση του φίλτρου και αφού αυτό κρυώσει σε θερμοκρασία δωματίου (σε ξηραντήριο) ακολουθεί η τελική ζύγιση.



Εικόνα 4.5: Διάταξη διήθησης με την κωνική φιάλη συνδεδεμένη με αντλία πίεσης

Ο υπολογισμός των ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS) γίνεται με βάση τον παρακάτω τύπο:

$$TSS \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{(A - B) * \frac{1000mL}{L}}{C(mL)}$$

όπου:

A = Μικτό βάρος μετά τη ξήρανση (mg) (Βάρος ξηρού υπολείμματος + βάρος φίλτρου μετά από 24 ώρες στους 105° C),

B = Βάρος φίλτρου (mg) και

C = Όγκος δείγματος (ml).

4.3.5. Μέτρηση του ολικού αζώτου

Για τη μέτρηση του ολικού αζώτου των υπό εξέταση δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε το φωτόμετρο DR 3900 της εταιρείας Hach-Lange (Εικ. 4.6).



Εικόνα 4.6: Φωτόμετρο DR 3900 μέτρησης φυσικοχημικών χαρακτηριστικών σε νερά και υγρά απόβλητα

4.3.6. Μέτρηση των νιτρικών

Για τη μέτρηση των νιτρικών των υπό εξέταση δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε το φωτόμετρο DR 3900 της εταιρείας Lange (Εικ. 4.6).

4.3.7. Μέτρηση των νιτρικών

Για τη μέτρηση των νιτρικών (NO_2^-) των υπό εξέταση δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε το φωτόμετρο DR 3900 της εταιρείας Lange (Εικ. 4.6).

4.3.8. Μέτρηση της αμμωνίας

Για τη μέτρηση της αμμωνίας (NH_4) των υπό εξέταση δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε το φωτόμετρο DR 3900 της εταιρείας Lange (Εικ. 4.6).

4.3.9. Μέτρηση των φωσφορικών

Για τη μέτρηση των φωσφορικών (PO_4^-) των υπό εξέταση δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε το φωτόμετρο DR 3900 της εταιρείας Lange (Εικ. 4.6).

4.3.10. Μέτρηση του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου

Για τη μέτρηση του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (Biochemical Oxygen Demand, BOD), τοποθετούνται 432 ml από το δείγμα σε μια γυάλινη σκουρόχρωμη φιάλη μαζί με έναν απονιτροποιητή και αυτή αναδεύεται ισχυρά (προσθέτουμε ένα μαγνητάκι) ώστε το περιεχόμενό της να εμπλουτιστεί με οξυγόνο. Στη συνέχεια σφραγίζεται και διατηρείται υπό ανάδευση στο σκοτάδι και σταθερή θερμοκρασία 20°C για πέντε (5) ημέρες (Εικ. 4.7).



Εικόνα 4.7: Ειδικές φιάλες μέτρησης BOD_5 τοποθετημένες στη συσκευή ανάδευσης

Μετά τη πάροδο πέντε (5) ημερών υπολογίζεται (συνήθως μανομετρικά) η διαφορά πίεσης που υπάρχει στη φιάλη από την κατανάλωση οξυγόνου από τους μικροοργανισμούς προκειμένου αυτοί να επιβιώσουν και να αποικοδομήσουν το οργανικό φορτίο του δείγματος. Το αποτέλεσμα της κατανάλωσης οξυγόνου είναι το BOD₅ και εκφράζεται σε mg O₂/l λυμάτων. Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) που παράγεται κατά τη βιολογική οξείδωση εξουδετερώνεται με μια ιδιαίτερη τεχνική, με υδροξείδιο του νατρίου (NaOH).

4.3.11. Μέτρηση του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου

Για τη μέτρηση του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (Chemical Oxygen Demand, COD) χρησιμοποιείται η φασματοφωτομετρική μέθοδος. Πιο συγκεκριμένα παίρνουμε μια κυβέτα μέτρησης COD για κάθε δείγμα, η οποία περιέχει σταθερή ποσότητα ισχυρού οξειδωτικού μέσου (διχρωμικό κάλιο) και προσθέτουμε 2 ml δείγματος και αφού τοποθετήσουμε το πόμα στο σωλήνα, ανακινούμε καλά το μείγμα. Επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία για κάθε δείγμα. Τοποθετούμε τις κυβέτες μέτρησης σε θερμοαντιδραστήρα της εταιρείας Hach-Lange (LT 200) στους 148°C για 2 ώρες (Εικ. 4.8).



Εικόνα 4.8: Θερμοαντιδραστήρας εταιρείας Hach-Lange (LT 200), κατάλληλος για τη χώνευση δειγμάτων

4.3.12. Μέτρηση του εξασθενούς χρωμίου

Για τον προσδιορισμό του εξασθενούς χρωμίου (Cr), τοποθετούμε σε κυβέτα μέτρησης 10 ml από κάθε δείγμα και προσθέτουμε κατάλληλα αντιδραστήρια σύμφωνα με την πρότυπη μέθοδο ανάλυσης του εξασθενούς χρωμίου (APHA-AWWA-WEF, 1999). Περιμένουμε 5 λεπτά ώστε το μίγμα μας να αντιδράσει. Σε περίπτωση που το διάλυμα αλλάζει χρώμα αυτό συνεπάγεται την ύπαρξη συγκέντρωση Cr στο αντίστοιχο δείγμα.

4.4. Δοκιμές οικότοξικότητας

Με σκοπό τον προσδιορισμό της τοξικότητας των υδάτων του Πηγειού ποταμού και των συγκεκριμένων επεξεργασμένων υγρών λυμάτων, πραγματοποιήθηκε το πείραμα αναστολής βιοφωταύγειας με το βακτήριο *Vibrio fischeri* και το πείραμα της ακινητοποίησης της *Daphnia magna* (Daphtoxkit).

4.4.1. Πειράματα αναστολής βιοφωταύγειας με το βακτήριο *Vibrio fischeri*

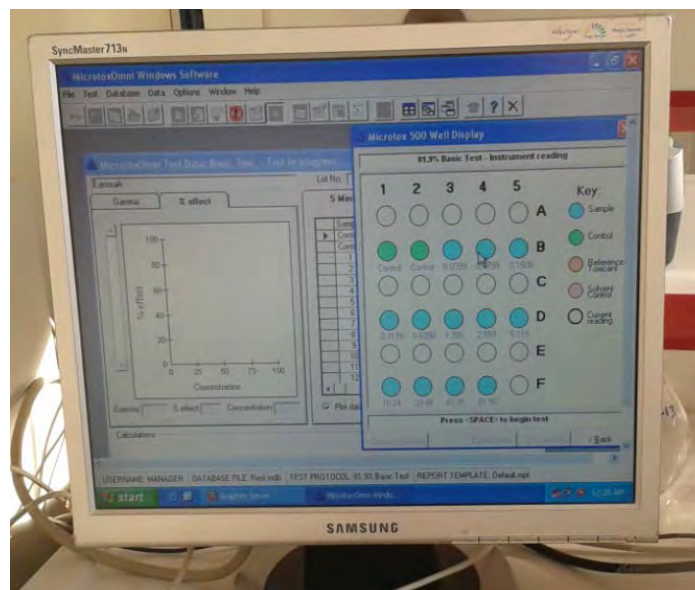
Το πείραμα μέτρησης αναστολής της βιοφωταύγειας του βακτηρίου *Vibrio fischeri* (παλαιότερη ονομασία *Photobacterium phosphoreum*), γνωστό και ως πείραμα Microtox που είναι πολύ σύντομο (30 λεπτά). Στο πείραμα ελέγχεται η αναστολή της φωταύγειας που προκαλεί στο βακτήριο η έκθεση σε τοξικές ουσίες για χρόνο 15 έως 30 λεπτά. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο μικροοργανισμός *Vibrio fischeri* ζει στη θάλασσα και συναντάται σε μεγάλες συγκεντρώσεις σε φωσφορίζοντα μέρη του σώματος μεγαλύτερων πολυκύτταρων οργανισμών που ζουν κυρίως στο βυθό των θαλασσών. Το γένος B-11177 επιλέχθηκε λόγω της υψηλής ευαισθησίας σε μεγάλο εύρος χημικών ουσιών (Κούγκολος, 2005). Τα φωτοβακτήρια περιέχουν λουσιφεράση η οποία με την πρόσληψη οξυγόνου καταλύει τη οξείδωση του ανηγμένου συνένζυμου FMNH₂ (flavin mononucleotide) και μιας αλδεΐδης. Η συγκεκριμένη οξείδωση συνοδεύεται από την παραγωγή φωταύγειας και έτσι η αναστολή της φωταύγειας σχετίζεται άμεσα με την ικανότητα του βακτηρίου να προσλαμβάνει οξυγόνο (Johnson, 2005).

Για τη μέτρηση της τοξικότητας με το φωτοβακτήριο εκπομπής φωτός *Vibrio fischeri* (Microtox test) χρησιμοποιείται εργαστηριακός αναλυτής Microtox Model 500 (Εικ.

4.9) και η επεξεργασία των μετρήσεων γίνεται με το λογισμικό MicrotoxOmni (Εικ. 4.10).



Εικόνα 4.9: Εργαστηριακός αναλυτής Microtox Model 500



Εικόνα 4.10: Λογισμικό MicrotoxOmni για την επεξεργασία των μετρήσεων του πειράματος Microtox

Οι μετρήσεις τοξικότητας καθώς και η προετοιμασία του δείγματος ποικίλλει ανάλογα με το πρωτόκολλο το οποίο χρησιμοποιείται (Basic test, 82% Screening test, 45% Screening test, Comparison test, Inhibition test, WET test, ISO, DIN).

Ο αναλυτής διαθέτει 30 θερμοστατούμενες θέσεις για την προετοιμασία των δειγμάτων και την συντήρηση των βακτηρίων στις κυψελίδες των δειγμάτων και του μάρτυρα. Η συντήρηση των φωτοβακτηρίων κατά τη διάρκεια του πειράματος γίνεται στους $15\pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Επίσης, ο αναλυτής διαθέτει μια θέση ελεγχόμενης θερμοκρασίας $5\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ για τη συντήρηση των ενεργοποιημένων φωτοβακτηρίων και μια θέση μέτρησης της φωταύγειας των φωτοβακτηρίων, σε θερμοκρασία $15\pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Η αλατότητα των δειγμάτων, πριν την προσθήκη των βακτηρίων, ρυθμίζεται στο 2% με την προσθήκη διαλύματος 22% NaCl, σε αναλογία διαλύματος NaCl/δείγματος, ίση με 1/10. Το συγκεκριμένο διάλυμα με βάση την δοκιμή Microtox είναι γνωστό ως διάλυμα ρύθμισης της ωσμωτικής πίεσης (Osmotic Adjustment Solution, OAS).

Συνήθως για φυσικά δείγματα (νερά, επεξεργασμένες εκροές) ή γενικότερα για δείγματα όπου δεν αναμένονται υψηλά ποσοστά τοξικότητας εφαρμόζεται το πρωτόκολλο 82%. Στο συγκεκριμένο πρωτόκολλο χρησιμοποιείται σχετικά υψηλή αρχική συγκέντρωση δείγματος (82%) γεγονός που αυξάνει κατά το δυνατό την ευαισθησία της δοκιμής. Τα ενεργοποιημένα φωτοβακτήρια αραιώνονται σε διάλυμα αραιώσης, σε αναλογία βακτηρίων/διαλύματος αραιώσης 1/10. Η αλατότητα των δειγμάτων ρυθμίζεται με την προσθήκη στα δείγματα διαλύματος ρύθμισης της ωσμωτικής πίεσης (OAS), σε αναλογία διαλύματος ρύθμισης/δείγματος 1/10. Αρχικά, μετριέται η φωταύγεια των αραιωμένων βακτηρίων σε κάθε κυψελίδα που στη συνέχεια θα προστεθεί ο μάρτυρας (διάλυμα αραιώσης) και τα δείγματα. Στη συνέχεια προστίθενται στις αντίστοιχες κυψελίδες ο μάρτυρας και τα δείγματα με αλατότητα 2% σε NaCl. Έτσι, η ρύθμιση της αλατότητας των δειγμάτων και η προσθήκη τους στο διάλυμα των βακτηρίων, δίνει, κατά τη μέτρηση, συγκέντρωση δείγματος 82%. Η τοξικότητα των δειγμάτων μετράται σε χρόνους έκθεσης των βακτηρίων στα δείγματα 5, 15, και 30 min, ενώ προτείνεται η εφαρμογή της δοκιμής με τη χρήση δύο κυψελίδων ως μάρτυρες.

4.4.2. Πειράματα ακινητοποίησης *Daphnia magna*

Όσον αφορά το πείραμα ακινητοποίησης της *Daphnia magna*, χρησιμοποιούνται νεογνά σε απενεργοποιημένη μορφή (ephippia) της *Daphnia magna*. Η *Daphnia magna* είναι καρκινοειδές, είδος ζωοπλαγκτού, πολυκύτταρος οργανισμός, έχει ευρεία εξάπλωση, είναι το μεγαλύτερο σε μέγεθος μεταξύ του γένους *Daphnia* φτάνοντας τα 3.5 mm περίπου και απαντάται σε γλυκά νερά πλούσια σε οργανική ύλη. Έχει μικρές

απαιτήσεις για οξυγόνο (3-4 mg/l) και γενικά θεωρείται είδος των καθαρών νερών στα οποία κυριαρχεί κατά τις περιόδους υψηλής διαύγειας. Η αναπαραγωγή του γίνεται με παρθενογένεση η οποία συνεχίζεται για πολλές γενιές, αλλά μπορεί να επηρεαστεί από αλλαγές στο είδος της τροφής, στο διαθέσιμο οξυγόνο, στη θερμοκρασία αλλά και από τη θήρευση (EPA, 2002). Έλεγχοι οξείας και χρόνιας τοξικότητας που έχουν γίνει έως τώρα, έχουν δημιουργήσει μια βάση δεδομένων με περισσότερες από πεντακόσιες τιμές (Martins et al., 2007).

Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιούμε μόνο νεογνά (< 24 h). Τα εφίππια της *Daphnia magna* τοποθετούνται, αφού πρώτα έχουν ξεπλυθεί με καθαρό νερό (νερό μάρτυρα) και με τη βοήθεια ενός μικροκοσκίνου ώστε να απομακρυνθεί κάθε ίχνος του αποθηκευτικού μέσου, σε δισκίο που περιέχει 50 ml πρότυπου μέσου καλλιέργειας και υπό κατάλληλες συνθήκες (20°C-22°C) και συνεχούς φωτισμού (6000 lux) για 3 ημέρες (ISO, 1982). Στην συνέχεια, αφού έχουν εκκολαφθεί, τα νεογνά μεταφέρονται με τη βοήθεια ενός μικροσιφωνίου σε ειδικά πλαστικά δισκία με κυψελίδες όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.11.



Εικόνα 4.11: Ειδική διάφανη πλακέτα με τις κυψελίδες

Κάθε δισκίο αποτελείται από 6 σειρές των 5 κυψελίδων. Σε κάθε σειρά η πρώτη κυψελίδα από αριστερά χρησιμοποιείται ως «κυψελίδα μεταφοράς», ώστε να αποφευχθεί η αραίωση των δειγμάτων με το πρότυπο μέσο καλλιέργειας κατά τη μεταφορά των νεογνών. Στη πρώτη σειρά κυψελίδων (σειρά «X»), η κάθε κυψελίδα γεμίζεται με 10 ml πρότυπου καλλιέργειας και θα αποτελεί το δείγμα ελέγχου ή «μάρτυρα» του πειράματος. Οι υπόλοιπες σειρές κυψελίδων γεμίζονται αντίστοιχα με 10 ml από κάθε δείγμα ανά κυψελίδα. Έπειτα αφού έχουν μεταφερθεί τα νεογνά στις

«κυψελίδες μεταφοράς», τοποθετούνται σε κάθε μια κυψελίδα 5 νεογνά, με ιδιαίτερη προσοχή, να μην «εγκλωβιστούν» στην επιφάνεια του υγρού λόγω φαινομένων επιφανειακής τάσης, γεγονός που θα επηρεάσει το αποτέλεσμα του πειράματος, καθώς τα επιπλέοντα νεογνά συνήθως ακινητοποιούνται (πεθαίνουν). Στη συνέχεια, αφού σκεπασθεί η πλακέτα με πλαστική μεμβράνη (parafilm), τοποθετείται στον επωαστή σταθερής θερμοκρασίας στους 20°C, απουσία φωτός για 24 ώρες (ISO, 1982).

Τέλος, αφού περάσουν 24 ώρες, μπορεί να υπολογιστεί η τοξικότητα των δειγμάτων, βάσει της ακινητοποίησης/θνησιμότητας των νεογνών που εκτέθηκαν στα δείγματα συγκρινόμενη με αυτή του «μάρτυρα». Το πείραμα θεωρείται έγκυρο εάν στον μάρτυρα δεν παρατηρούνται περισσότεροι από δύο ακινητοποιημένοι οργανισμοί (ακινητοποίηση $\leq 10\%$). Η παρατήρηση των οργανισμών γίνεται με γυμνό οφθαλμό, καθώς το μέγεθός τους είναι μεγαλύτερο από 1 mm. Ένας οργανισμός θεωρείται ακινητοποιημένος όταν για χρονικό διάστημα περίπου 15s δεν δείχνει καμία ένδειξη κινητικότητας (ISO, 1982).

|

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό, υλοποιείται ο καθορισμός των σημείων δειγματοληψίας καθώς και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων κάθε δειγματοληψίας. Αναλυτικότερα παρουσιάζονται σε μορφή χαρτών οι υφιστάμενες σημειακές πιέσεις της περιοχής μελέτης και τα προτεινόμενα σημεία δειγματοληψίας, μετά από επεξεργασία των δεδομένων με τη χρήση του λογισμικού πακέτου ArcGIS. Στη συνέχεια παρατίθενται τα αποτελέσματα των φυσικοχημικών αναλύσεων και των δοκιμών οικοτοξικότητας, τα οποία αναφέρονται στα έξι (6) σημεία δειγματοληψίας που υλοποιήθηκαν. Επίσης, κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών μελετήθηκαν υγρά έκπλυσης των ιζημάτων των περιοχών 5 και 6 μετά από έκπλυσή τους σε αναλογία υγρού στερεού $L/S= 10 \text{ l/kg}$, με σκοπό την έρευνα και αποτύπωση πιθανής ρύπανσης των συγκεκριμένων περιοχών λόγω σημειακών και διάχυτων πηγών ρύπανσης.

5.1. Καθορισμός των σημείων δειγματοληψίας

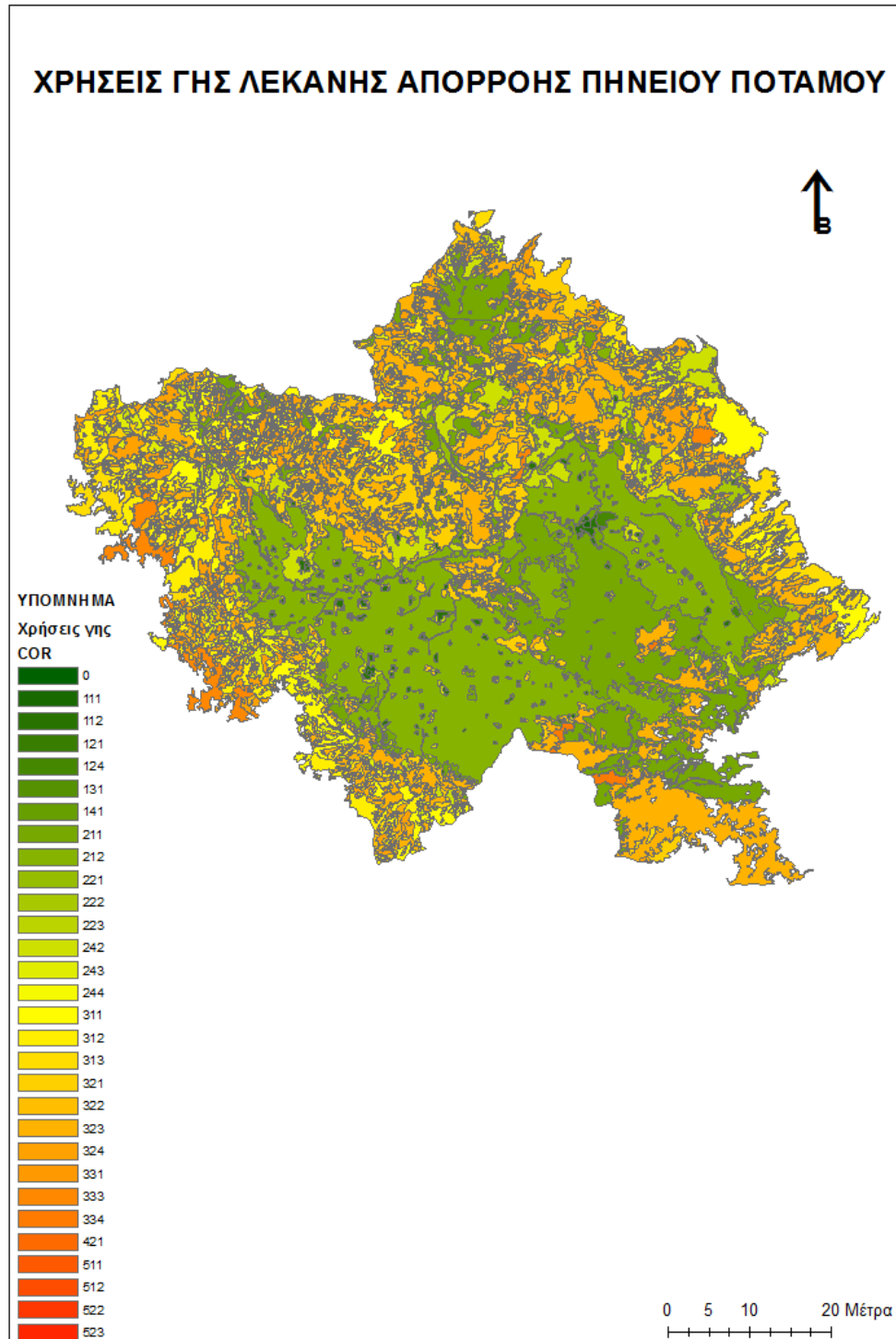
Στις επόμενες παραγράφους, αποτυπώνονται σε μορφή χαρτών οι σημειακές πηγές ρύπανσης των επιφανειακών υδάτων του Πηνειού ποταμού της περιοχής μελέτης. Οι κυριότερες πιέσεις που καταγράφονται για την περιοχή μελέτης συνδέονται, κυρίως, με τη γεωργική δραστηριότητα, τις μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων, την βιομηχανική δραστηριότητα και λιγότερο με την κτηνοτροφία και την εξορυκτική δραστηριότητα.

5.1.1. Χρήσεις γης

Η συνολική αρδευόμενη έκταση φτάνει τα 1894000 στρέμματα. Το 27% της γης χρησιμοποιείται για γεωργία, το 37% καλύπτεται από δάση, 25% είναι βοσκότοποι, 2,5% υγρότοποι και το 10% για άλλες λειτουργίες. Οι κύριες καλλιέργειες στη Θεσσαλική πεδιάδα είναι βαμβάκι, αραβόσιτος, τεύτλα, καπνός, κηπευτικά, αμπέλια και οι δενδροκαλλιέργειες, οι οποίες αποτελούν μεγάλες ποσότητες νερού και τη χρήση μεγάλων ποσοτήτων αζωτούχων κυρίως λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Συγκεκριμένα το 96% του νερού που αντλείται από επιφανειακά και υπόγεια ύδατα στη Θεσσαλία προορίζεται για άρδευση, ενώ το 3,3% για ύδρευση (ΥΠΑΝ, 2003). Η

παροχή νερού του Πηνειού το καλοκαίρι λόγω υπεράντλησης είναι μειωμένη (Bellos & Sawidis, 2005).

Στην Εικόνα. 5.1 απεικονίζονται οι χρήσεις γης της λεκάνης απορροής του Πηνειού ποταμού.



Εικόνα 5.1: Χάρτης με τις χρήσεις γης της λεκάνης απορροής του Πηνειού ποταμού

Οι χρήσεις γης καθορίστηκαν με βάση το πρόγραμμα CORINE (COoRdinatio of INformation on the Environment) Land Cover 2000 της ΕΕ ώστε να σχηματιστεί συνολική άποψη για την περιοχή και στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται αναλυτικά οι χρήσεις γης ώστε να γίνεται η αντιστοιχία με το υπόμνημα του παραπάνω χάρτη. Κάθε κατηγορία εμφανίζεται με έναν κωδικό αριθμό που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη χρήση και πληροφορία (Πίνακας 5.1).

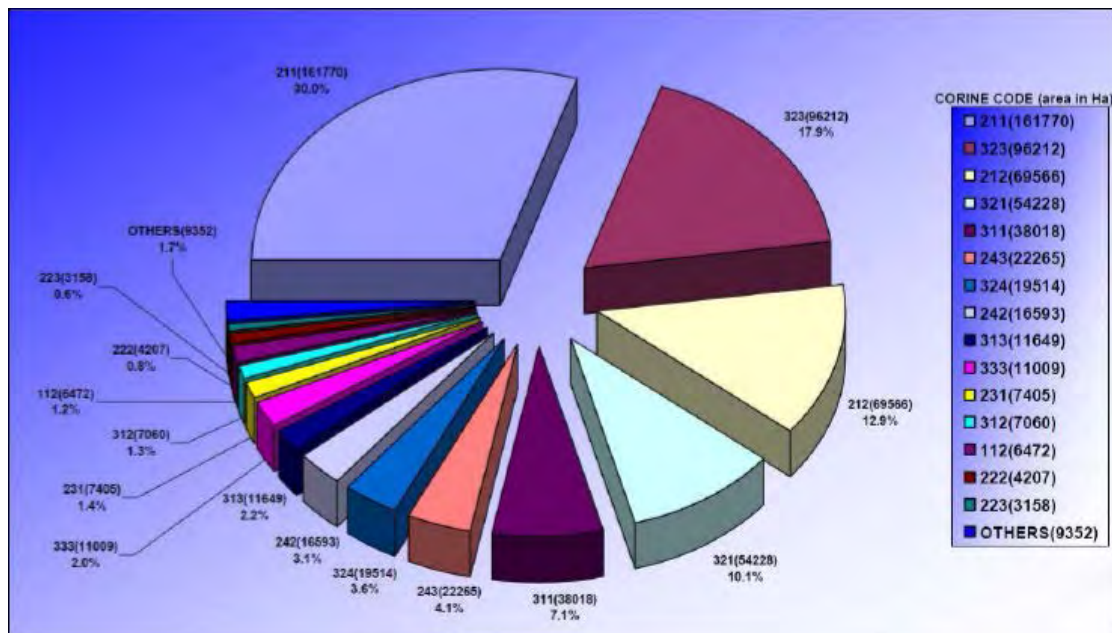
Πίνακας 5.1: Ονοματολογία χρήσεων γης με βάση το CORINE Land Cover 2000

1ο επίπεδο	2ο επίπεδο	3ο επίπεδο
1. ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	1.1 ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	1.1.1 Συνεχής αστικός ιστός
		1.1.2 Ασυνεχής αστικός ιστός
	1.2 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ-ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ	1.2.1 Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες
		1.2.2 Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα
1.2.3 Ζώνες λιμένων		
1.2.4 Αεροδρόμια		
1.3 ΟΡΥΧΕΙΑ, ΧΩΡΟΙ ΑΠΟΡΡΙΨΕΩΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΧΩΡΟΙ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗΣ	1.3.1 Χώροι εξορύξεως ορυκτών	
	1.3.2 Χώροι απορρίψεως απορριμμάτων	
	1.3.3 Χώροι οικοδόμησης	
1.4 ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΜΗ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΠΡΑΣΙΝΟΥ	1.4.1 Περιοχές αστικού πρασίνου	
	1.4.2 Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής	
2. ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	2.1 ΑΡΩΣΙΜΗ ΓΗ	2.1.1 Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη
		2.1.2 Μόνιμα αρδευόμενη γη
		2.1.3 Ορυζώνες
	2.2 ΜΟΝΙΜΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	2.2.1 Αμπελώνες
		2.2.2 Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς
		2.2.3 Ελαιώνες
	2.3 ΛΙΒΑΔΙΑ	2.3.1 Λιβάδια
	2.4 ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	2.4.1 Ετήσιες καλλιέργειες που σχετίζονται με μόνιμες καλλιέργειες
		2.4.2 Σύνθετες καλλιέργειες
		2.4.3 Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης
2.4.4 Γεωργο-δασικές περιοχές		
3. ΔΑΣΗ ΚΑΙ ΗΜΙΦΥΣΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	3.1 ΔΑΣΗ	3.1.1 Δάσος πλατύφυλλων
		3.1.2 Δάσος κωνοφόρων
		3.1.3 Μικτό δάσος
	3.2 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΘΑΜΝΩΔΟΥΣ Η/ΚΑΙ ΠΟΩΔΟΥΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	3.2.1 Φυσικοί βοσκότοποι
		3.2.2 Θάμνοι και χερσότοποι
		3.2.3 Σκληροφυλλική βλάστηση
		3.2.4 Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις
	3.3 ΑΝΟΙΧΤΟΙ ΧΩΡΟΙ ΜΕ ΛΙΓΗ Ή ΚΑΘΟΛΟΥ ΒΛΑΤΗΣΗ	3.3.1 Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές
		3.3.2 Απογυμνωμένοι βράχοι
3.3.3 Εκτάσεις με αραιή βλάστηση		
3.3.4 Αποτεφρωμένες εκτάσεις		
3.3.5 Παγετώνες και αένας χιόνι		
4. ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ	4.1 ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ ΕΝΔΟΧΩΡΑΣ	4.1.1 Βάλτοι στην ενδοχώρα
		4.1.2 Τυρφώνες
	4.2 ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΟΙ ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ	4.2.1 Παραθαλάσσιοι βάλτοι
		4.2.2 Αλυκές
		4.2.3 Ζώνες που καλύπτονται από παλιρροιακά ύδατα

Πίνακας 5.1: Ονοματολογία χρήσεων γης με βάσης το CORINE Land Cover 2000

1ο επίπεδο	2ο επίπεδο	3ο επίπεδο
5. ΥΔΑΤΙΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	5.1 ΧΕΡΣΑΙΑ ΥΔΑΤΑ	5.1.1 Υδατορρεύματα
		5.1.2 Επιφάνειες στάσιμου ύδατος
	5.2 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΥΔΑΤΑ	5.2.1 Παράκτιες λιμνοθάλασσες
		5.2.2 Εκβολές ποταμών
		5.2.3 Θάλασσες και ωκεανοί

Αντίστοιχα τα ποσοστά κάλυψης των χρήσεων γης για το Νομό Λάρισας, φαίνονται στο Γράφημα 5.3 που ακολουθεί:

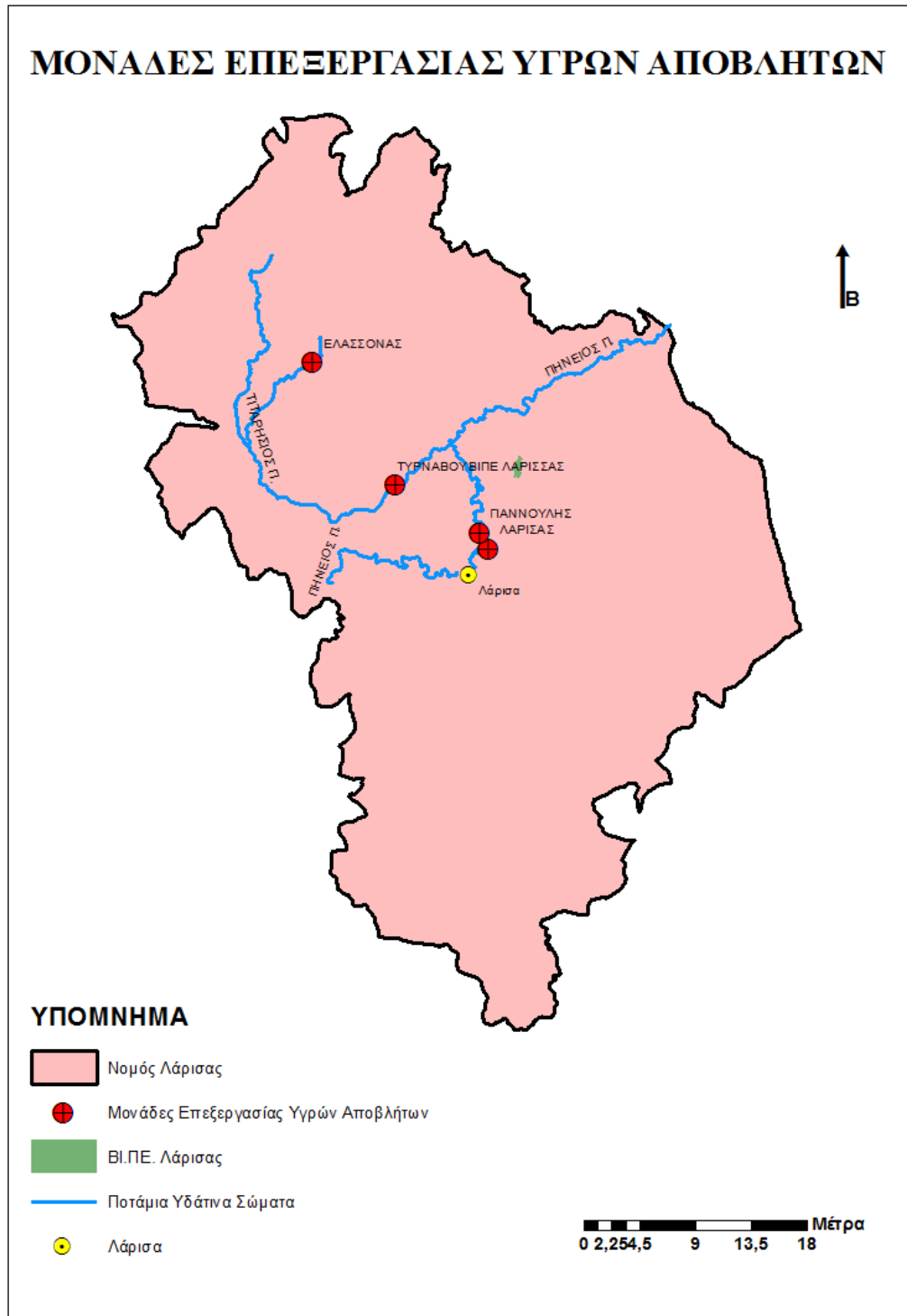


Γράφημα 5.1: Ποσοστά χρήσεων γης Ν. Λάρισας

5.1.2. Αστικά λύματα

Στο υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας λειτουργούν 16 εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Ο Πηνειός είναι αποδέκτης άμεσα ή έμμεσα, των επεξεργασμένων υγρών απόβλητων πέντε (5) εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων. Πιο συγκεκριμένα τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα των μονάδων επεξεργασίας της Λάρισας, της Γιάννουλης και της ΒΠΠΕ Λάρισας καταλήγουν άμεσα στον Πηνειό, ενώ του Τύρναβου (μέσω Τιταρήσιου) και της Ελασσόνας (μέσω Ελασσονίτη και Τιταρήσιου) έμμεσα καταλήγουν σε αυτόν.

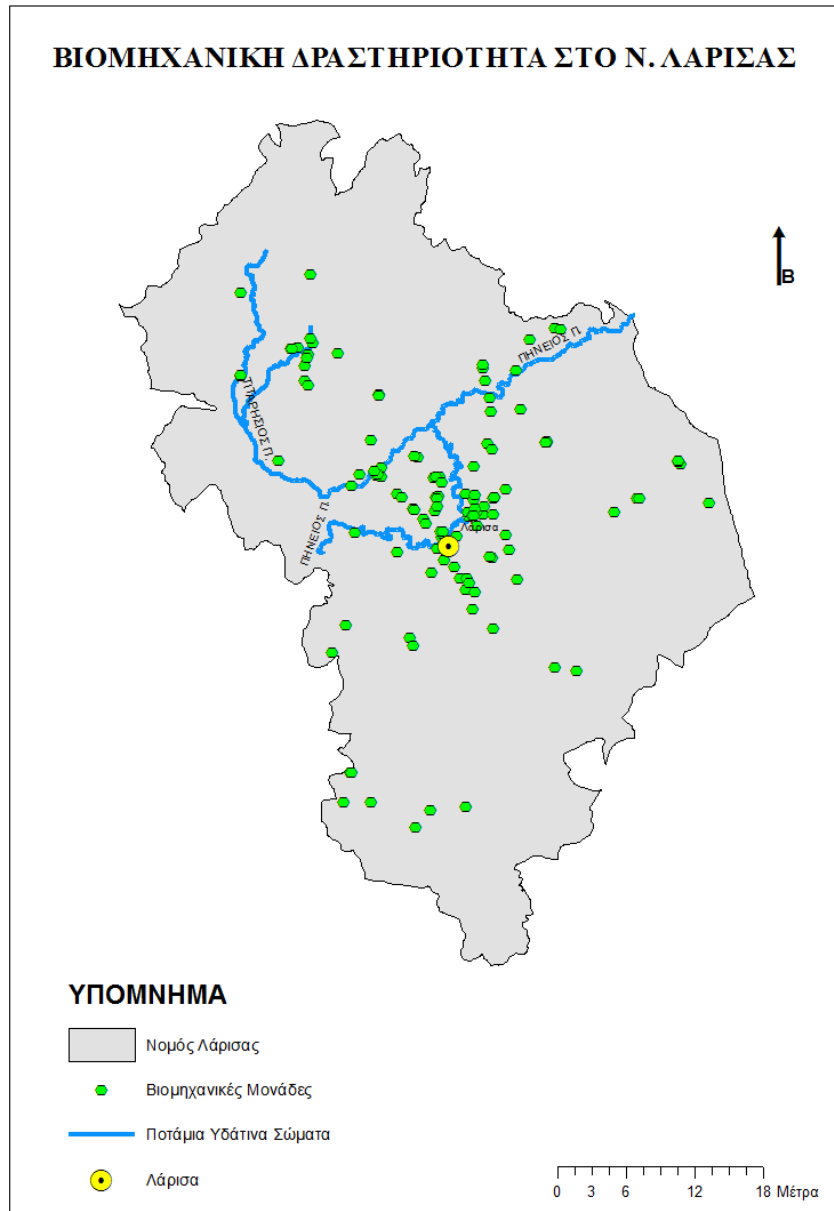
Στην παρακάτω Εικόνα 5.2 απεικονίζεται ο χάρτης με τις μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στο Νομό Λάρισας, με αποδέκτη αυτών τον ποταμό Πηνειό.



Εικόνα 5.2: Χάρτης με τις μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στο Ν. Λάρισσας

5.1.3. Βιομηχανική δραστηριότητα

Στην Εικόνα 5.3 που ακολουθεί, παρατίθεται ο χάρτης της κατανομής της βιομηχανικής δραστηριότητας στο Νομό Λάρισσας.



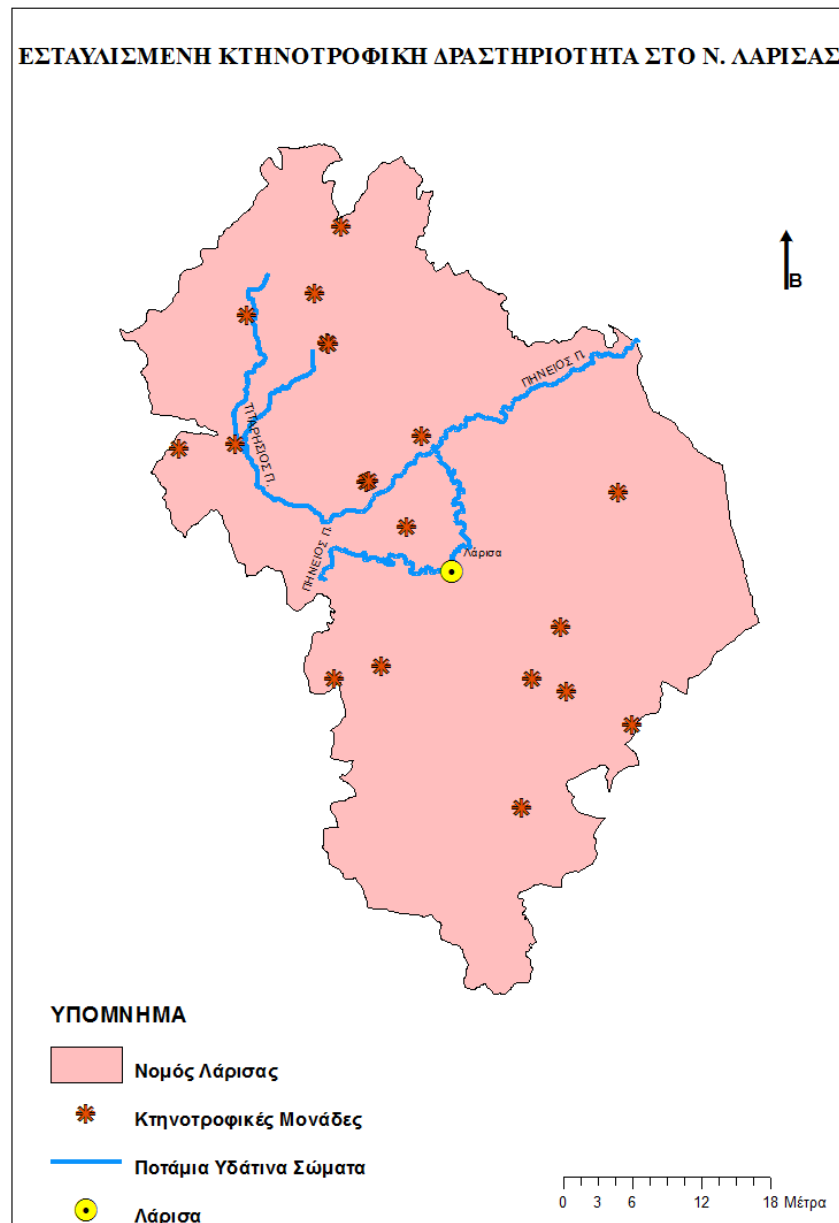
Εικόνα 5.3: Χάρτης με την κατανομή της βιομηχανικής δραστηριότητας στο Ν. Λάρισα

Παρατηρείται ιδιαίτερη συγκέντρωση των βιομηχανικών μονάδων στην ευρύτερη περιοχή του πολεοδομικού συγκροτήματος της Λάρισας. Πολλές μονάδες είναι εγκατεστημένες σε κατάλληλα οργανωμένες βιομηχανικές περιοχές της ΕΤΒΑ (ΒΙΠΕ Λάρισας). Τέλος, είναι φανερό ότι η βιομηχανική δραστηριότητα είναι χωροθετημένη σε όλο το μήκος της διαδρομής του Πηνειού ποταμού πριν εκβάλλει στο Αιγαίο πέλαγος.

5.1.4. Εσταυλισμένη κτηνοτροφία

Η πλειοψηφία των κτηνοτροφικών μονάδων στο υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας βρίσκεται στη λεκάνη απορροής Πηνειού (84%) (ΥΠΕΚΑ, 2012). Για το Νομό Λάρισας η εσταυλισμένη κτηνοτροφία καθορίζεται στο βόρειο τμήμα του νομού.

Στην Εικόνα 5.4 που ακολουθεί, παρατηρούμε την κατανομή των εσταυλισμένων κτηνοτροφικών μονάδων στο Νομό Λάρισας.



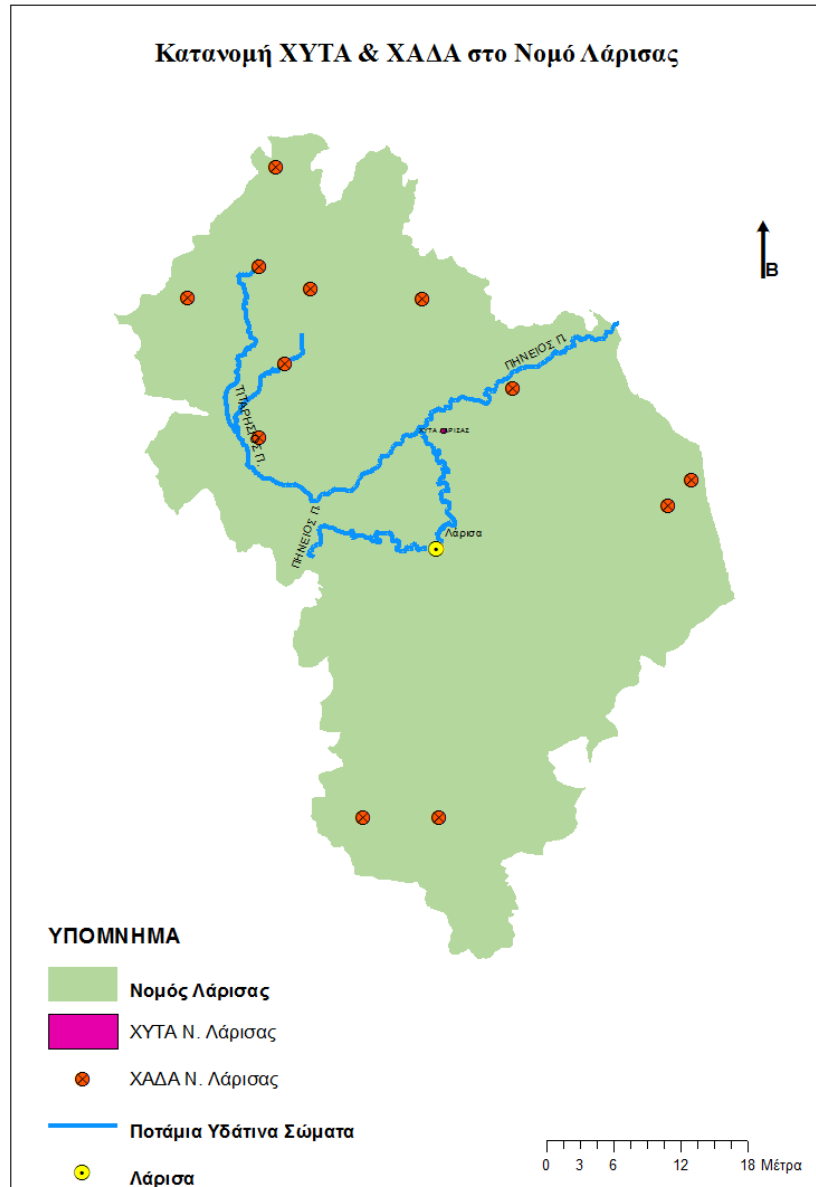
Εικόνα 5.4: Χάρτης με την κατανομή της εσταυλισμένης κτηνοτροφίας στο Ν. Λάρισας

5.1.5. Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων – Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων

Στο υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας καταγράφονται τέσσερις (4) Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) σε λειτουργία (Λάρισας, Τρικάλων, Βόλου και Αργαλαστής).

Επίσης, στο υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας καταγράφονται πενήντα ένα (51) Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΑΔΑ). Όλοι οι ΧΑΔΑ είναι κλειστοί αλλά οι περισσότεροι μη αποκατεστημένοι και όλοι διαθέτουν άδεια αποκατάστασης. Δεκατρείς (13) βρίσκονται στο Νομό Καρδίτσας, δώδεκα (12) στο Νομό Λάρισας, έξι (6) στο νομό Μαγνησίας και είκοσι (20) στο Νομό Τρικάλων. Είκοσι οκτώ (28) από τους ΧΑΔΑ υπερβαίνουν σε έκταση τα δέκα (10) στρέμματα, με σημαντικότερο το ΧΑΔΑ Καλαμπάκας, που καταλαμβάνει έκταση 257 στρεμμάτων. Η πλειοψηφία των ΧΑΔΑ βρίσκεται στη λεκάνη απορροής Πηνειού (77%).

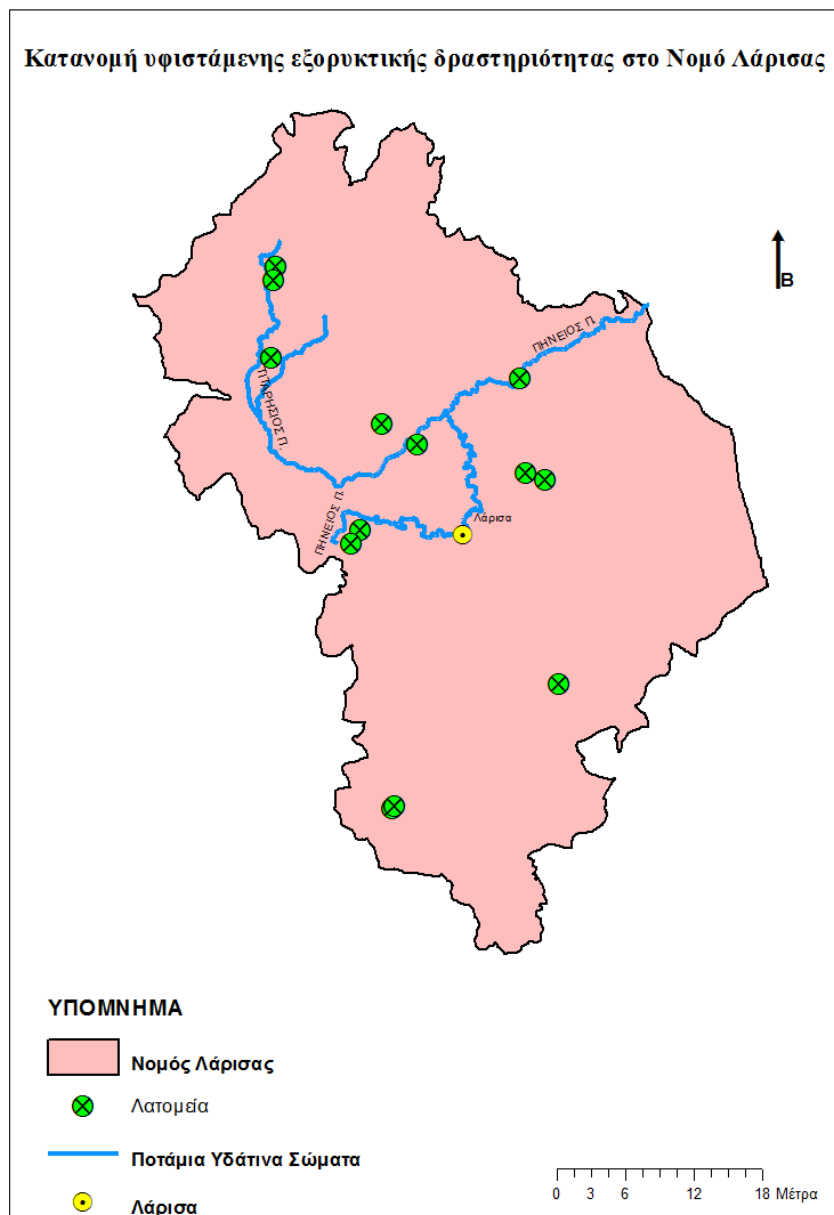
Στην Εικόνα 5.5 που ακολουθεί, παρατηρούμε την κατανομή των Χώρων Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) και των Χώρων Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΑΔΑ) στο Ν Λάρισας.



Εικόνα 5.5: Χάρτης με την κατανομή των ΧΥΤΑ & ΧΑΔΑ στο Ν. Λάρισας

5.1.6. Εξορυκτική δραστηριότητα

Στην Εικόνα 5.6 που ακολουθεί, παρατηρούμε την κατανομή υφιστάμενης εξορυκτικής δραστηριότητας στο Νομό Λάρισας. Καταγράφηκαν δεκατρία (13) λατομεία, τα οποία παράγουν αδρανή απόβλητα.



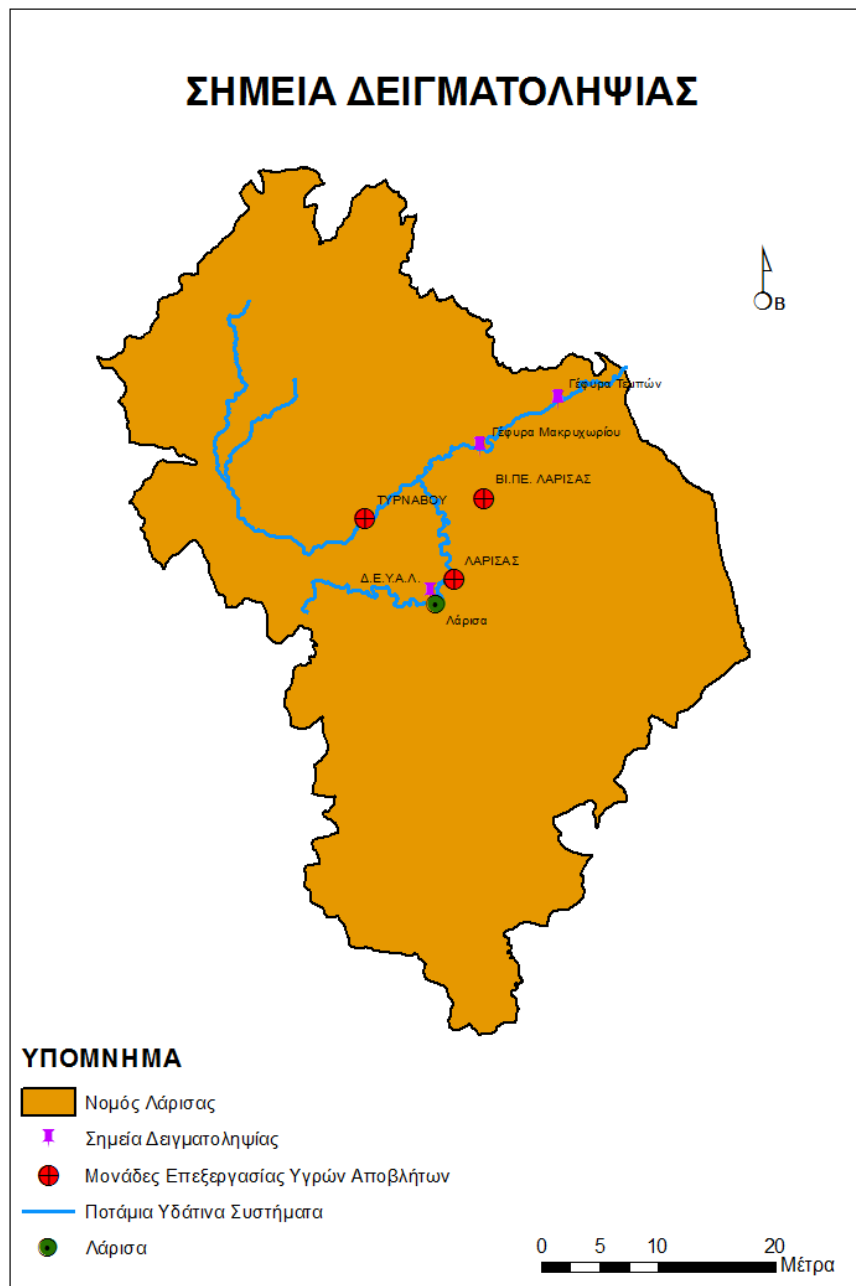
Εικόνα 5.6: Χάρτης με την κατανομή της υφιστάμενης εξορυκτικής δραστηριότητας στο Ν. Λάρισα

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας επιλέχθηκαν τρία σημεία δειγματοληψίας από τα επιφανειακά ύδατα του Πηνειού ποταμού, με έμφαση στο διάστημα της εισόδου του ποταμού στην πόλη της Λάρισας ως την έξοδό του από την κοιλάδα των Τεμπών, ενώ λήφθηκαν δείγματα από τις εκροές τριών μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων που καταλήγουν στον Πηνειό, της Λάρισας, της Βιομηχανικής Περιοχής της Λάρισας και του Τύρναβου, με σκοπό τον προσδιορισμό των φυσικοχημικών παραμέτρων τους και την διερεύνηση της μελέτης των τοξικών επιδράσεών τους.

Στον Πίνακα 5.2 που ακολουθεί καταγράφηκαν τα σημεία δειγματοληψίας, στην Εικόνα 5.7 παρουσιάζονται τα αντίστοιχα σημεία και στις Εικόνες 5.8, 5.9, 5.10 και 5.11 παρουσιάζονται φωτογραφίες των σημείων δειγματοληψίας.

Πίνακας 5.2: Σημεία δειγματοληψίας

A/A	Θέση Σταθμού	Γεωγραφικό Μήκος	Γεωγραφικό Πλάτος
1	ΔΕΥΑΛ	22,398006	39,638675
2	ΜΕΥΑ Λάρισας	22,439445	39,664604
3	ΜΕΥΑ ΒΠΠΕ Λάρισας	22,486145	39,664604
4	ΜΕΥΑ Τυρνάβου	22,303215	39,742212
5	Γέφυρα Μακρυχωρίου	22,482961	39,831386
6	Γέφυρα Τεμπών	22,607754	39,891802



Εικόνα 5.7: Χάρτης που απεικονίζει τα σημεία δειγματοληψίας



Εικόνα 5.8: Σημείο δειγματοληψίας στην είσοδο του Πηνειού στην πόλη της Λάρισας



Εικόνα 5.9: Σημείο δειγματοληψίας στην ευρύτερη περιοχή του οικισμού Μακρυχωρίου



Εικόνα 5.10: Σημείο δειγματοληψίας στην έξοδο του Πηνειού ποταμού από την κοιλάδα των Τεμπών



Εικόνα 5.11: Εκροή μονάδας επεξεργασίας λυμάτων της ΒΠΠΕ Λάρισας

Η έλλειψη ευαισθησίας προς το περιβάλλον αποτυπώνεται στις συνηθισμένες πλέον εικόνες στην Ελληνική φύση, με την διάθεση μπαζών και απορριμμάτων (Εικ. 5.12^α και 5.12^β).



Εικόνες 5.12^α και 5.12^β: Διάθεση μπαζών και απορριμμάτων στην κοίτη του Πηνειού

5.2. Αποτελέσματα φυσικοχημικών αναλύσεων

Στη συνέχεια παρατίθενται τα αποτελέσματα των φυσικοχημικών παραμέτρων που εξετάστηκαν και αφορούν τα σημεία δειγματοληψίας της συγκεκριμένης εργασίας.

5.2.1. Αποτελέσματα μέτρησης του pH

Στον Πίνακα 5.3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μέτρησης του pH των δειγμάτων κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.

Πίνακας 5.3: Αποτελέσματα μέτρησης pH των δειγμάτων

Σημείο Δειγματοληψίας	1η Δειγματοληψία	2η Δειγματοληψία
	pH	
1	8,4	8,0
2	7,3	7,7
3	7,7	7,7
4	8,2	8,2
5	7,2	7,6
6	-	7,6
S ₄	7,6	7,6
S ₅	7,4	7,7

Όπου:

- 1: Είσοδος στην πόλη της Λάρισας
 - 2: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Λάρισας
 - 3: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ΒΠΠΕ Λάρισας
 - 4: Γέφυρα Μακρυχωρίου
 - 5: Γέφυρα Τεμπών
 - 6: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Τυρνάβου
- S₄, S₅, τα αντίστοιχα ιζήματα των περιοχών

Σύμφωνα με τον πίνακα της επίδρασης της ποιότητας του νερού στα εδάφη κατά τον FAO, ανάλογα με τις τιμές συγκεκριμένων παραμέτρων, η τιμή του pH πρέπει να μικρότερη από 7 έως 8. Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΕ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η τιμή του pH πρέπει να κινείται στο εύρος τιμών 6,5 έως 8,5. Σύμφωνα με την Οδηγία 75/440/ΕΕ η τιμή του

pH πρέπει να κινείται στο εύρος τιμών 6,5 έως 8,5 (ύδατα A1), ή 5,0 ως 9,0 (ύδατα A2 και A3).

Η μεγαλύτερη τιμή του pH σημειώθηκε στην 1^η δειγματοληψία και συγκεκριμένα στο σημείο εισόδου του Πηνειού ποταμού στην πόλη της Λάρισας και η μικρότερη στην έξοδό του από την κοιλάδα των Τεμπών.

Όλα τα δείγματα εμφανίζουν τιμές pH που κυμαίνονται στο εύρος τιμών 7,2-8,4, δεν παρουσιάζουν αξιοσημείωτες αλλαγές μεταξύ των δειγματοληψιών και είναι αποδεκτές από τις παραπάνω Οδηγίες.

5.2.2. Αποτελέσματα μέτρησης της αγωγιμότητας

Στον Πίνακα 5.4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μέτρησης της αγωγιμότητας των δειγμάτων κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.

Πίνακας 5.4: Αποτελέσματα μέτρησης της αγωγιμότητας των δειγμάτων

Σημείο Δειγματοληψίας	1η Δειγματοληψία	2η Δειγματοληψία
	Αγωγιμότητα (μS/cm)	
1	513	467
2	915	984
3	2011	3010
4	519	469
5	727	564
6	-	709
S ₄	72	221
S ₅	168	118

Όπου:

- 1: Είσοδος στην πόλη της Λάρισας
 - 2: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Λάρισας
 - 3: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ΒΙΠΕ Λάρισας
 - 4: Γέφυρα Μακρυχωρίου
 - 5: Γέφυρα Τεμπών
 - 6: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Τυρνάβου
- S₄, S₅, τα αντίστοιχα ιζήματα των περιοχών

Σύμφωνα με την Οδηγία 75/440/ΕΕ η τιμή της αγωγιμότητας πρέπει να είναι μικρότερη από 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ στους 20°C (ύδατα Α1, Α2 και Α3).

Η μεγαλύτερη τιμή μέτρησης της αγωγιμότητας παρατηρήθηκε στην εκροή της μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων της ΒΙΠΕ Λάρισας κατά την διάρκεια και των δύο (2) δειγματοληψιών και υπερβαίνει κατά πολύ τα όρια της οδηγίας 75/440/ΕΕ. Η μικρότερη τιμή σημειώθηκε στο ίζημα της ευρύτερης περιοχής του οικισμού Μακρυχωρίου.

Τα υπόλοιπα δείγματα με τιμές αγωγιμότητας που κυμαίνονται στο εύρος τιμών 467-984 $\mu\text{S}/\text{cm}$ είναι εντός αποδεκτών ορίων των οδηγιών.

5.2.3. Αποτελέσματα μέτρησης της θολότητας

Στον Πίνακα 5.5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μέτρησης της θολότητας των δειγμάτων κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.

Πίνακας 5.5: Αποτελέσματα μέτρησης της θολότητας των δειγμάτων

Σημείο Δειγματοληψίας	1η Δειγματοληψία	2η Δειγματοληψία
	Θολότητα (FNU)	
1	14,26	2,25
2	1,67	0,84
3	7,60	4,68
4	10,79	5,09
5	3,48	5,66
6	-	0,84

Όπου:

- 1: Είσοδος στην πόλη της Λάρισας
- 2: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Λάρισας
- 3: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ΒΙΠΕ Λάρισας
- 4: Γέφυρα Μακρυχωρίου
- 5: Γέφυρα Τεμπών
- 6: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Τυρνάβου

Μεγαλύτερες τιμές θολότητας παρατηρήθηκαν στην 1^η δειγματοληψία σε όλα τα σημεία συγκριτικά με την 2^η δειγματοληψία. Μεγαλύτερη τιμή παρουσιάστηκε σημείο εισόδου του Πηνειού ποταμού στην πόλη της Λάρισας, ενώ μικρότερες τιμές σημειώθηκαν στις εκροές των μονάδων επεξεργασίας αποβλήτων Λάρισας και Τυρνάβου.

5.2.4. Αποτελέσματα μέτρησης των ολικών αιωρούμενων στερεών

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μέτρησης η συγκέντρωση των ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS) σε όλα τα δείγματα ήταν <2mg/l.

Σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΕ για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, η συγκέντρωση των ολικών αιωρούμενων στερεών πρέπει να είναι μικρότερη από 35 mg/l. Σύμφωνα με τον πίνακα της επίδρασης της ποιότητας του νερού στο έδαφος του FAO, η συγκέντρωση των ολικών αιωρούμενων στερεών πρέπει να είναι μικρότερη από 50 mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΕ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση των ολικών αιωρούμενων στερεών πρέπει να είναι μικρότερη από 10 mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 75/440/ΕΕ η συγκέντρωση των ολικών αιωρούμενων στερεών πρέπει να είναι μικρότερη από 25 mg/l (ύδατα Α1). Σύμφωνα με την ΚΥΑ 145116/2011, η συγκέντρωση των ολικών αιωρούμενων στερεών πρέπει να είναι μικρότερη από 10 mg/l για την απεριόριστη άρδευση και βιομηχανική χρήση (πλην νερού ψύξης μιας χρήσης), και μικρότερη από 2 mg/l για αστική χρήση, εμπλουτισμό υπογείων υδροφορέων και περιαστικό πράσινο.

Οι τιμές των ολικών αιωρούμενων στερεών όλων των δειγμάτων κρίνονται αποδεκτές αφού είναι εντός των ορίων όλων των Οδηγιών.

5.2.5. Αποτελέσματα μέτρησης του ολικού αζώτου

Σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΕ για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, η συγκέντρωση του Ολικού Αζώτου (TN) πρέπει να είναι μικρότερη από 15 mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΕ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση ολικού αζώτου πρέπει να είναι μικρότερη από 10 mg/l. Σύμφωνα με την οδηγία 75/440/ΕΕ η συγκέντρωση του ολικού

αζώτου πρέπει να είναι μικρότερη από 1, 2 και 3 mg/l για τα ύδατα A1, A2 και A3 αντίστοιχα.

Η μέτρηση του ολικού αζώτου πραγματοποιήθηκε για τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα της μονάδας επεξεργασίας του Τυρνάβου, κατά την διάρκεια της 2^{ης} δειγματοληψίας. Η τιμή του ολικού αζώτου της μονάδας ήταν 34,4 mg/l. Η συγκεκριμένη τιμή κρίνεται υψηλή, υπερβαίνοντας τα επιτρεπτά όρια των Οδηγιών.

5.2.6. Αποτελέσματα μέτρησης των νιτρικών

Στον Πίνακα 5.6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μέτρησης των νιτρικών (NO₃⁻) των δειγμάτων κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.

Πίνακας 5.6: Αποτελέσματα μέτρησης νιτρικών των δειγμάτων

Σημείο Δειγματοληψίας	1η Δειγματοληψία	2η Δειγματοληψία
	NO ₃ ⁻ (mg/l)	
1	1,10	4,50
2	59,16	11,17
3	51,08	6,78
4	1,06	6,17
5	1,24	3,91
6	-	22,08

Όπου:

- 1: Είσοδος στην πόλη της Λάρισας
 - 2: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Λάρισας
 - 3: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ΒΠΠΕ Λάρισας
 - 4: Γέφυρα Μακρυχωρίου
 - 5: Γέφυρα Τεμπών
 - 6: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Τυρνάβου
- S₄, S₅, τα αντίστοιχα ιζήματα των περιοχών

Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΕ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση νιτρικών πρέπει να είναι μικρότερη από 7 mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 75/440/ΕΕ, η συγκέντρωση νιτρικών πρέπει να είναι μικρότερη από 50 mg/l σε περιπτώσεις ιδιαίτερων κλιματολογικών συνθηκών, με ενδεικτική τιμή τα 25 mg/l.

Κατά την διάρκεια της 1^{ης} δειγματοληψίας σημειώθηκαν υψηλές τιμές, οι οποίες είναι εκτός ορίων στις μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων της Λάρισας και της ΒΙΠΕ Λάρισας. Σχετικά υψηλή τιμή ανιχνεύτηκε και στα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα της μονάδας του Τυρνάβου κατά την 2^η δειγματοληψία.

5.2.7. Αποτελέσματα μέτρησης των νιτρώδων

Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΕ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση νιτρώδων πρέπει να είναι μικρότερη από 0,5 mg/l.

Η μέτρηση των νιτρώδων πραγματοποιήθηκε για τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα της μονάδας επεξεργασίας του Τυρνάβου, κατά την διάρκεια της 2^{ης} δειγματοληψίας. Η τιμή των νιτρώδων της μονάδας ήταν μικρότερη από 0,005 mg/l που ήταν το όριο ανίχνευσης του οργάνου μέτρησης, τιμή αποδεκτή.

5.2.8. Αποτελέσματα μέτρησης της αμμωνίας

Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΕ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση αμμωνίας πρέπει να είναι μικρότερη από 0,2 mg/l.

Η μέτρηση της αμμωνίας πραγματοποιήθηκε για τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα της μονάδας επεξεργασίας του Τυρνάβου, κατά την διάρκεια της 2^{ης} δειγματοληψίας. Η τιμή της αμμωνίας της μονάδας ήταν 0,034 mg/l, τιμή εντός ορίων.

5.2.9. Αποτελέσματα μέτρησης των φωσφορικών

Στον Πίνακα 5.7 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μέτρησης των φωσφορικών των δειγμάτων κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.

Πίνακας 5.7: Αποτελέσματα μέτρησης φωσφορικών των δειγμάτων

Σημείο Δειγματοληψίας	1η Δειγματοληψία	2η Δειγματοληψία
	PO ₄ ⁻ (mg/l)	
1	0,31	0,32
2	11,40	2,19
3	6,40	0,23
4	0,29	0,24
5	0,01	0,33
6	-	1,22

Όπου:

- 1: Είσοδος στην πόλη της Λάρισας
- 2: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Λάρισας
- 3: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ΒΙΠΕ Λάρισας
- 4: Γέφυρα Μακρυχωρίου
- 5: Γέφυρα Τεμπών
- 6: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Τυρνάβου

Σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΕ για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, η συγκέντρωση του ολικού φωσφόρου πρέπει να είναι μικρότερη από 2,0 mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΕ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση ολικού φωσφόρου πρέπει να είναι μικρότερη από 1 mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 75/440/ΕΕ, η συγκέντρωση φωσφορικών πρέπει να είναι μικρότερη από 0,4 (ύδατα Α1) και 0,7 mg/l (ύδατα Α2 και Α3).

Κατά την διάρκεια της 1^{ης} δειγματοληψίας σημειώθηκαν υψηλές τιμές, οι οποίες είναι εκτός ορίων στις μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων της Λάρισας και της ΒΙΠΕ Λάρισας. Τα υπόλοιπα δείγματα εμφανίζουν αποδεκτές συγκεντρώσεις φωσφορικών, εντός των επιτρεπτών ορίων των οδηγιών.

5.2.10. Αποτελέσματα μέτρησης του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου

Στον Πίνακα 5.8 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μέτρησης του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου των δειγμάτων κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών. Το BOD₅ μετρήθηκε μόνο για τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα.

Πίνακας 5.8: Αποτελέσματα μέτρησης BOD₅ των δειγμάτων

Σημείο Δειγματοληψίας	1η Δειγματοληψία	2η Δειγματοληψία
	BOD ₅ (mg/l)	
2	6	3
3	18	2
6	-	6

Όπου:

- 2: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Λάρισας
- 3: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ΒΠΠΕ Λάρισας
- 6: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Τυρνάβου

Σύμφωνα με τον Πίνακα 5.8 και την ΚΥΑ 145116/2011 η τιμή του BOD₅ για περιορισμένη άρδευση είναι τα 25 mg/L, απεριόριστη άρδευση και αστική χρήση τα 10 mg/L.

Παρατηρούμε ότι οι μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων είναι κάτω από τα επιτρεπτά όρια.

5.2.11. Αποτελέσματα μέτρησης του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου

Στον Πίνακα 5.9 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μέτρησης του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου των δειγμάτων κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.

Πίνακας 5.9: Αποτελέσματα μέτρησης COD των δειγμάτων

Σημείο Δειγματοληψίας	1η Δειγματοληψία	2η Δειγματοληψία
	COD (mg/l)	
1	<15	15
2	36	21,4
3	117	45,6
4	19,6	<15
5	<15	<15
6	<15	17,9
S ₄	45	26,7
S ₅	40	32

Όπου:

- 1: Είσοδος στην πόλη της Λάρισας
 - 2: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Λάρισας
 - 3: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ΒΙΠΕ Λάρισας
 - 4: Γέφυρα Μακρυχωρίου
 - 5: Γέφυρα Τεμπών
 - 6: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Τυρνάβου
- S₄, S₅, τα αντίστοιχα ιζήματα των περιοχών

Σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΕ για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, η συγκέντρωση του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου πρέπει να είναι μικρότερη από 125 mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΕ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση COD, πρέπει να είναι μικρότερη από 125 mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 75/440/ΕΕ η συγκέντρωση του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου πρέπει να είναι μικρότερη από 30 mg/l.

Η υψηλότερη τιμή σημειώθηκε κατά την 1^η δειγματοληψία στη μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων της ΒΙΠΕ Λάρισας. Παρατηρούμε ότι όλες οι τιμές της μέτρησης του COD κρίνονται αποδεκτές και εντός των ορίων.

5.2.12. Αποτελέσματα μέτρησης του εξασθενούς χρωμίου

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μέτρησης του εξασθενούς χρωμίου (Cr) σε όλα τα δείγματα η συγκέντρωσή του ήταν <2mg/l.

Σύμφωνα με τις προτεινόμενες τιμές για τα όρια συγκέντρωσης μετάλλων στο νερό που προορίζεται για τις καλλιέργειες του FAO, η συγκέντρωση του χρωμίου πρέπει να είναι μικρότερη από 0,1 mg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 76/464/ΕΕ σχετικά με την ρύπανση από την απόρριψη επικίνδυνων ουσιών στο υδάτινο περιβάλλον, η συγκέντρωση του εξασθενούς χρωμίου πρέπει να είναι μικρότερη από 50 μg/l. Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/ΕΕ σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, η συγκέντρωση ολικού χρωμίου πρέπει να είναι μικρότερη από 200 μg/l. Σύμφωνα με την οδηγία 75/440/ΕΕ η συγκέντρωση ολικού χρωμίου πρέπει να είναι μικρότερη από 0,05 mg/l για τα ύδατα Α1, Α2 και Α3. Σύμφωνα με την ΚΥΑ 145116/2011, η συγκέντρωση χρωμίου πρέπει να είναι μικρότερη από 0,1 mg/l.

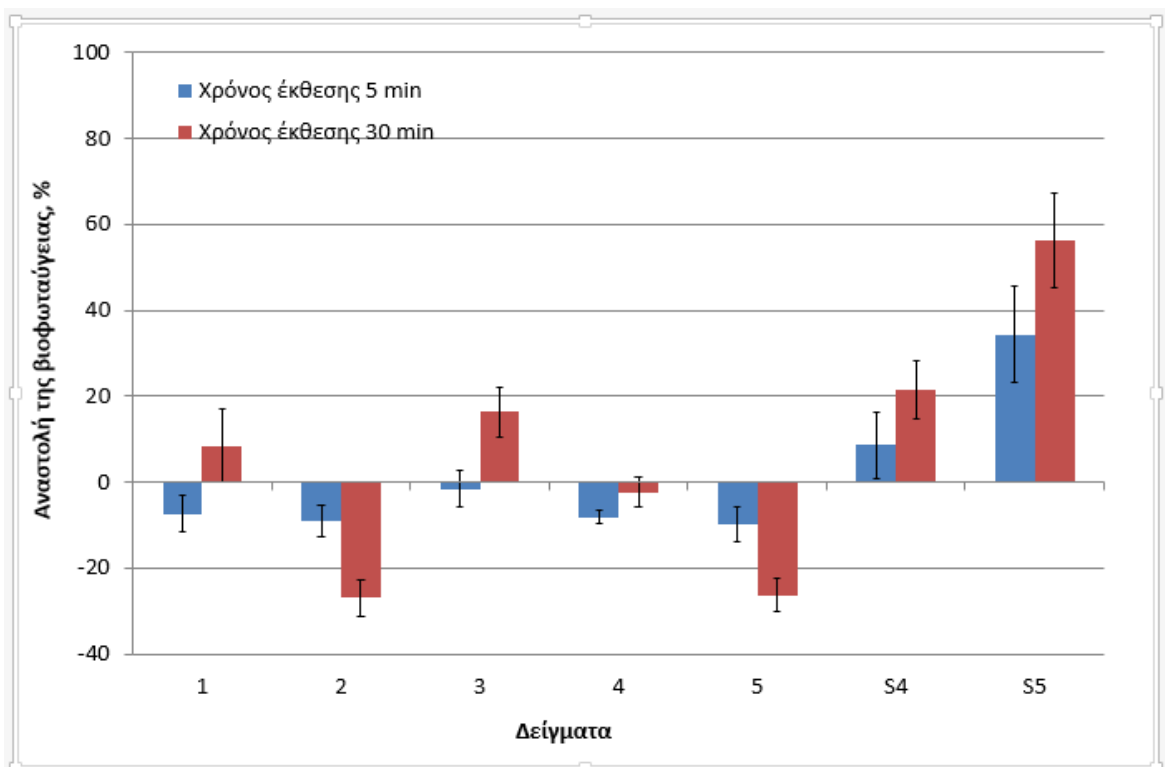
Διαπιστώθηκε ότι τα δείγματα δεν υπερβαίνουν τα επιτρεπτά όρια. Τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα μπορούν δυνητικά να επαναχρησιμοποιηθούν για τους σκοπούς που ορίζονται στην ΚΥΑ 145116/2011.

5.3. Αποτελέσματα των δοκιμών οικότοξικότητας

Στην συνέχεια παρατίθενται τα αποτελέσματα των δοκιμών οικότοξικότητας που εξετάστηκαν και αφορούν τα σημεία δειγματοληψίας της συγκεκριμένης εργασίας

5.3.1. Αποτελέσματα ελέγχου τοξικότητας με το πείραμα αναστολής βιοφωταύγειας του βακτηρίου *Vibrio fischeri*

Στα Γραφήματα 5.1 και 5.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ελέγχου τοξικότητας των δειγμάτων των δειγματοληψιών, που πραγματοποιήθηκαν με το πείραμα αναστολής της βιοφωταύγειας του βακτηρίου *Vibrio fischeri*.



Γράφημα 5.1: Αποτελέσματα μέτρησης τοξικότητας των δειγμάτων της 1^{ης} δειγματοληψίας

Όπου:

W1: Είσοδος στην πόλη της Λάρισας

W2: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Λάρισας

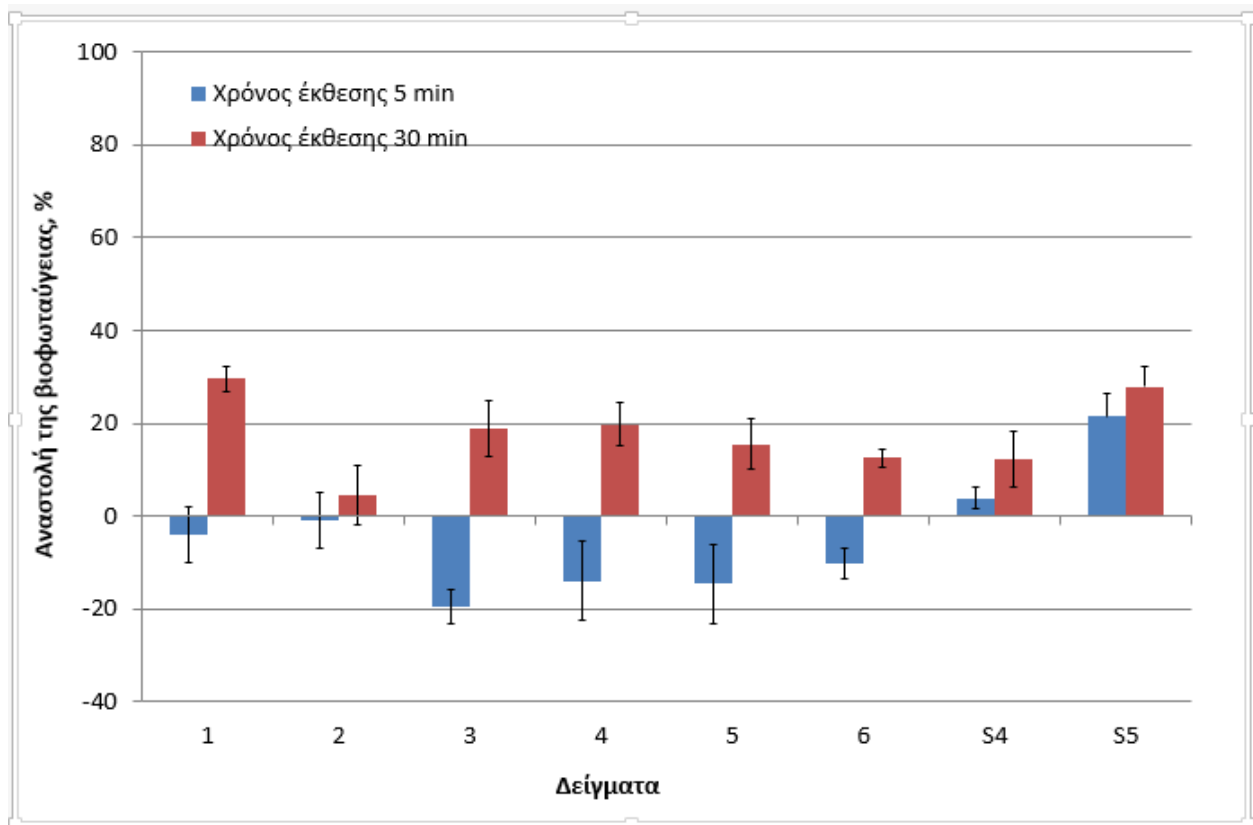
W3: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ΒΠΠΕ Λάρισας

W4: Γέφυρα Μακρυχωρίου

5: Γέφυρα Τεμπών

6: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Τυρνάβου

S₄, S₅, τα αντίστοιχα ιζήματα των περιοχών



Γράφημα 5.2: Αποτελέσματα μέτρησης τοξικότητας των δειγμάτων της 2^{ης} δειγματοληψίας

Όπου:

W1: Είσοδος στην πόλη της Λάρισας

W2: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Λάρισας

W3: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ΒΠΠΕ Λάρισας

W4: Γέφυρα Μακρυχωρίου

5: Γέφυρα Τεμπών

6: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Τυρνάβου

S₄, S₅, τα αντίστοιχα ιζήματα των περιοχών

Για την 1^η δειγματοληψία παρατηρούμε ότι στο δείγμα του ιζήματος του σημείο δειγματοληψίας 5, υπάρχει τοξικότητα, ενώ στα υπόλοιπα δείγματα των σημείων δειγματοληψίας δεν υπάρχει τοξικότητα.

Για τη 2^η δειγματοληψία παρατηρούμε, επίσης, ότι στο ίδιο σημείο έχουμε τοξικότητα μικρότερης έντασης (μικρότερα ποσοστά αναστολής βιοφωταύγειας).

Οι παρατηρούμενες αρνητικές τιμές οφείλονται σε διέγερση της βιοφωταύγειας και οφείλεται στην ύπαρξη θρεπτικών που υπάρχουν στο διάλυμα.

5.3.2. Αποτελέσματα ελέγχου τοξικότητας με το πείραμα ακινητοποίησης του βακτηρίου *Daphnia magna*

Για τη διερεύνηση της τοξικότητας των δειγμάτων τα παρατηρούμενα ποσοστά θνησιμότητας παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.10 που ακολουθεί.

Πίνακας 5.10: Παρατηρούμενα ποσοστά θνησιμότητας των νεογνών *Daphnia magna*

Σημείο Δειγματοληψίας	1η Δειγματοληψία	2η Δειγματοληψία
	Θνησιμότητα (Συγκέντρωση δείγματος 100%)	
1	0	0
2	0	5
3	0	5
4	0	0
5	0	60
6	-	10
S ₄	100	5
S ₅	0	35

Όπου:

- 1: Είσοδος στην πόλη της Λάρισας
 - 2: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Λάρισας
 - 3: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ΒΠΠΕ Λάρισας
 - 4: Γέφυρα Μακρυχωρίου
 - 5: Γέφυρα Τεμπών
 - 6: Έξοδος Μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Τυρνάβου
- S₄, S₅, τα αντίστοιχα ιζήματα των περιοχών

Όπως παρατηρείται από τον Πίνακα 5.8, η τοξικότητα των δειγμάτων στις περισσότερες περιπτώσεις δείχνει να είναι χαμηλή καθώς η *Daphnia magna* δεν παρουσίασε θνησιμότητα (0% θνησιμότητα). Εξάιρεση αποτελούν η μέτρηση που διεξήχθη κατά την 2^η δειγματοληψία στα νερά του Πηνειού ποταμού στο σημείο της Γέφυρας Τεμπών, όπου τα ποσοστά θνησιμότητας ήταν 60%. Πολύ σημαντικά είναι και τα αποτελέσματα στα ιζήματα και ειδικότερα στο ίζημα της ίδιας περιοχής όπου το ποσοστό θνησιμότητας ήταν 35%. Επίσης, τοξικό (θνησιμότητα 100%) θεωρείται το δείγμα του σημείου στην Γέφυρα Μακρυχωρίου.

Τα συγκεκριμένα ποσοστά θνησιμότητας πιθανόν οφείλονται στο αυξημένο οργανικό φορτίο που παρατηρήθηκε εκείνη την εποχή στις συγκεκριμένες περιοχές βάσει των χημικών αναλύσεων. Πρέπει να τονιστεί ότι όλα τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν από τις εκροές των μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, για τη διεξαγωγή του συγκεκριμένου πειράματος δεν ήταν χλωριωμένα, καθώς η *Daphnia magna* δείχνει μεγάλη ευαισθησία στο χλώριο.

5.4. Συζήτηση

Η αξιολόγηση των μετρήσεων των παραμέτρων της ποιότητας των υδάτων ενός επιφανειακού αποδέκτη έχει πολλαπλή σημασία. Αποσκοπεί να διερευνήσει την ικανότητά του να επιτελέσει συγκεκριμένες παραγωγικές λειτουργίες όπως είναι η άρδευση, η διάθεση υγρών επεξεργασμένων αποβλήτων και η βιομηχανική χρήση νερού. Επίσης, η ποιότητα του υδάτινου αποδέκτη αποτελεί κριτήριο υγείας του οικοσυστήματος και δείκτη απόδοσης της περιβαλλοντικής πολιτικής που ασκείται από την Πολιτεία, αλλά και την τοπική κοινωνία ειδικότερα. Έτσι βασικό ζήτημα αποτελεί η αξιοπιστία των μεθόδων παρακολούθησης, των μεθόδων ανάλυσης και κατ'επέκταση των μετρούμενων τιμών.

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας ήταν η διερεύνηση της υφιστάμενης ποιότητας των υδάτων του Πηνειού ποταμού και των εκροών τριών μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων του Νομού Λάρισας (Λάρισας, ΒΙΠΕ Λάρισας και Τυρνάβου), με την εφαρμογή φυσικοχημικών μεθόδων, ενώ για πρώτη φορά χρησιμοποιούνται οι οικοτοξικολογικές αναλύσεις, ως εργαλείο προσδιορισμού της τοξικότητας των υδάτων του συγκεκριμένου ποταμού.

Σύμφωνα με το Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ, 2013), καταγράφηκαν υψηλές τιμές αγωγιμότητας σε δύο σημεία δειγματοληψίας το καλοκαίρι 2012. Πιο συγκεκριμένα, στο σημείο πριν εκβάλλει στο Αιγαίο πέλαγος η τιμή της αγωγιμότητας ήταν 5013 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ενώ μετά την γέφυρα του Μακρυχωρίου (σημείο 4 της δειγματοληψίας) η αντίστοιχη τιμή ήταν 5700 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Απότομη αύξηση της αγωγιμότητας του νερού ενός φυσικού αποδέκτη αποτελεί ένδειξη ρύπανσης (Νταρακάς, 2013). Στην πρώτη περίπτωση η αύξησή της αποδόθηκε στην είσοδο θαλασσινού νερού ανάντη, στα βαθύτερα τμήματα του ποταμού λίγο πριν τις εκβολές. Η είσοδος του νερού της θάλασσας στα ποτάμια της Ελλάδας, συνήθως στην περίοδο χαμηλής ροής, είναι αποτέλεσμα ανθρωπογενών επιδράσεων (υδροληψίες για άρδευση καλλιεργειών και των φυσικών παραγόντων της ελαχιστοποίησης της παροχής (μικρή βροχόπτωση το καλοκαίρι), της μορφολογίας της κοίτης στις εκβολές και του παλιρροιακού εύρους (Βουβαλίδης, 1998).

Στην ευρύτερη περιοχή του οικισμού Μακρυχωρίου (σημείο 4 της δειγματοληψίας), παρατηρήθηκαν κατά καιρούς σημαντικά στοιχεία ρύπανσης και πιο συγκεκριμένα σε δειγματοληψία στις 12 Ιουλίου 2010, παρατηρήθηκαν οι μεγαλύτερες τιμές στις παραμέτρους της θολερότητας, των ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS), των νιτρικών (NO_3^-) και των φωσφορικών (PO_4^-) (Κυρατσάκης, 2010).

Στην είσοδο του Πηνειού ποταμού στην πόλη της Λάρισας (σημείο 1 της δειγματοληψίας), επίσης παρατηρήθηκαν κατά καιρούς σημαντικά στοιχεία ρύπανσης κυρίως όσον αφορά την συγκέντρωση των νιτρικών (NO_3^-), όπου από τον Φεβρουάριο 2006 ως το Μάιο 2011, καταγράφηκαν συγκεντρώσεις μεγαλύτερες του επιτρεπόμενου ορίου, με μεγαλύτερη τιμή ίση με 10,32 mg/l στις 28 Νοεμβρίου 2007 (ΔΕΥΑΛ, 2013).

Σε αντίστοιχη έρευνα των Voutsas et al. (2000) παρουσιάζονται οι φυσικοχημικές και οργανικές παράμετροι (pH, αγωγιμότητα, ολικά αιωρούμενα στερεά, θερμοκρασία και DO, BOD₅, COD, N, P, NO_3^- , NO_2^- και NH_4^+ , σε 25 σημεία δειγματοληψίας στην κεντρική κοίτη, σε παραποτάμους, ρέματα και τάφρους όπου στραγγίζουν οι μεγάλες αγροτικές, γεωργικές, αστικές και βιομηχανικές περιοχές της Β. Ελλάδας. Η περιοχή μελέτης καλύπτει ένα ευρύ φάσμα της λεκάνης απορροής και των επιφανειακών νερών σε ποτάμια, ρέματα, παραπόταμους, χαντάκια κ.λπ. Κύρια ποτάμια συστήματα είναι αυτά του Αλιάκμονα, του Αξιού, του Λουδία, του Στρυμόνα και του Γαλλικού τα οποία αποτελούν τις πιο σημαντικές περιοχές αποστράγγισης των μεγάλων αγροτικών,

γεωργικών, αστικών και βιομηχανικών περιοχών της Β. Ελλάδας με απόρριψή στο Βόρειο Αιγαίο. Εξετάσθηκε και αξιολογήθηκε ακόμα η ευτροφική κατάσταση τους.

Οι Parafilippaki et al. (2008), παρουσιάζουν ενδιαφέροντα ευρήματα σε ότι αφορά την παρουσία βαρέων μετάλλων στον Κερκίτη ποταμό στα Χανιά, κατά την υγρή και την ξηρή περίοδο, όπου οι μέσες συγκεντρώσεις στην υγρή και θερμή περίοδο ήταν: Cu (0,88 mg/l, 6,62 mg/l), Cd (0,005 mg/l, 0,019 mg/l), Pb (0,28 mg/l, 2,59 mg/l), Cr (1,44 mg/l, 3,5 mg/l) και Zn (4 mg/l, 39 mg/l), αντίστοιχα, κάτι που φανερώνει μια σοβαρή εποχιακή διακύμανση, η οποία πιθανόν να οφείλεται είτε σε ανθρωπογενή αίτια (γεωργικές εφαρμογές κυρίως με τη χρήση των λιπασμάτων και τα βιοκτόνα ή απόρριψη υγρών αποβλήτων, ή φυσικών αιτιών, όπως η θερμοκρασία του νερού, το pH, οξειδοαναγωγική κατάσταση).

Για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των ελληνικών ποταμών υπάρχουν πολλά σημαντικά άρθρα όπως αυτό της Kotti et al. (2005) στο οποίο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από διάφορες χημικές αναλύσεις και γίνεται αξιολόγηση της ποιότητας των νερών των ποταμών στη βορειοδυτική Ελλάδα, κυρίως σε ότι αφορά τα θρεπτικά στοιχεία, στους ποταμούς Αλιάκμονα, Λουδία, Αξίό, Στρυμόνα, Γαλλικό Πηνεϊό, Αραχθο, Λούρο και Καλαμά. Πιο συγκεκριμένα αξιολογήθηκε η επίδραση της χρήσης γης στην ποιότητα των υδάτων των ποταμών η οποία και μελετήθηκε σε τρεις διαφορετικές λεκάνες απορροής που βρίσκονται στην Ήπειρο και τη Βορειοδυτική Ελλάδα. Τα αποτελέσματα έδειξαν υψηλά επίπεδα νιτρικών αλάτων στα επιφανειακά νερά και αυξημένη ρύπανση στις περιοχές όπου υπάρχουν σηπτικές δεξαμενές, βιομηχανική δραστηριότητα, ζωικά απόβλητα, χρήση λιπασμάτων και απορροή από γεωργικές περιοχές.

Σε ένα άλλο άρθρο των Nikolaidis et al. (2009), αναφέρεται ότι ο Αξίος ποταμός είναι ένας από τους πλέον επιβαρημένους ποταμούς του Ελληνικού χώρου, ιδιαίτερα ως προς το φωσφόρο. Οι κύριες πηγές των θρεπτικών είναι η γεωργία και τα αστικά απόβλητα.

Οι Gikas et al. (2009), καταγράφουν ότι τα ολικά αιωρούμενα στερεά ήταν υψηλότερα στα ανάντη του ποταμού Αλιάκμονα και κατά τη διάρκεια της υψηλής και της χαμηλής ροής του. Η αγωγιμότητα του ποταμού ήταν υψηλότερη από τα επιτρεπτά ευρωπαϊκά επίπεδα. Επίσης στις κατάντη περιοχές, καταγράφηκαν υψηλότερα επίπεδα θρεπτικών από τις ανάντη περιοχές λόγω των λυμάτων καθώς και των βιομηχανικών αποβλήτων. Οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών ήταν υψηλότερες κατά τη διάρκεια της χαμηλής περιόδου ροής από ότι κατά την περίοδο αιχμής της ροής.

Οι Boskidis et al. (2010), μελέτησαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ποταμού Βορβόση που βρίσκεται στην περιοχή της Κομοτηνής την περίοδο Αύγουστος 2005 - Νοέμβριος 2006. Τα αποτελέσματα της μελέτης τους δείχνουν αυξημένα θρεπτικά, COD, BOD₅ και υψηλό βαθμό ευτροφισμού που αποδίδουν κατά κύριο λόγο σε σημειακές πηγές ρύπανσης.

Όσον αφορά την μονάδα επεξεργασίας της ΒΙΠΕ Λάρισας, η υψηλή τιμή της αγωγιμότητας συμφωνεί με την έρευνα των Tzoupanos et. al. (2012), όπου η επίδοση της επεξεργασίας δεν κρίνεται ικανοποιητική καθώς πολλές παράμετροι που μετρήθηκαν βρέθηκαν μεγαλύτερες από τα επιτρεπόμενα όρια της νομοθεσίας, στην πλειονότητα των δειγμάτων, περιλαμβάνοντας το BOD₅, COD, TSS, Cl⁻.

Εκτός από την εφαρμογή συγκεκριμένων φυσικοχημικών μεθόδων η καινοτομία της συγκεκριμένης εργασίας είναι η εφαρμογή οικοτοξικολογικών μεθόδων για να προσδιοριστεί η τοξικότητα δειγμάτων επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και κυρίως για τον έλεγχο των υδάτων του Πηνειού ποταμού στο Νομό Λάρισας. Πιο συγκεκριμένα, εφαρμόστηκαν, το πείραμα αναστολής βιοφωταύγειας του βακτηρίου *Vibrio fischeri* (Microtox) και το πείραμα ακινητοποίησης *Daphnia magna* και εξετάστηκαν συνολικά δεκαπέντε (15) δείγματα.

Τα πλεονεκτήματα των οικοτοξικολογικών αναλύσεων οδήγησαν πολλές χώρες στην υιοθέτηση κριτηρίων ελέγχου των υδάτων, κυρίως επιφανειακών, αστικών και βιομηχανικών εκροών, με βάση τα πειράματα ελέγχου τοξικότητας, γνωστά και ως βιοδοκιμές.

Η εποχική διακύμανση του οικοτοξικολογικού δυναμικού των αστικών αποβλήτων τονίζεται στην μελέτη των Bakoroulou et. al. (2011) σε δείγματα από μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων στην Θεσσαλία. Η τοξικότητα των επεξεργασμένων αποβλήτων στην *Daphnia magna* παρουσίασε ισχυρή εποχική διακύμανση, από 0-100%.

Έρευνα για τη διερεύνηση καταλληλότητας ανακτημένου νερού για αρδευτικούς σκοπούς πραγματοποιήθηκε στην Ελλάδα, εξετάζοντας δείγματα επεξεργασμένων αστικών υγρών αποβλήτων της πόλης του Βόλου. Στα πλαίσια αυτής της έρευνας πραγματοποιήθηκαν χημικές αναλύσεις καθώς και το πείραμα ακινητοποίησης της *Daphnia magna* και το πείραμα Phytotoxkit Microbiotest. Όσον αφορά το πείραμα

ακίνητοποίησης της *Daphnia magna*, έδειξε υψηλή τοξικότητα κυρίως λόγω των υψηλών συγκεντρώσεων σε Cl⁻ (Sakellariou-Markantonaki & Angelaki, 2007).

Ο Λέγος (2009) κρίνει κατάλληλη για αρδευτικούς σκοπούς καλλιεργειών την ποιότητα των δευτεροβάθμιων εκροών των μονάδων επεξεργασίας (Λάρισας, Βόλου, Καρδίτσας, Τυρνάβου). Η τοξικότητα των δειγμάτων το φθινόπωρο ήταν αυξημένη σε σχέση με αυτή των δειγμάτων που λήφθηκαν το καλοκαίρι και το χειμώνα, γεγονός που πιθανόν να οφείλεται στην αυξημένη γεωργική δραστηριότητα της συγκεκριμένης εποχής.

Έρευνα για την χημική σύσταση και τις τοξικές ιδιότητες του νερού του ποταμού Traun στην Αυστρία πραγματοποιήθηκε με αφορμή τα συχνά φαινόμενα θνησιμότητας ψαριών σε ορισμένους ποταμούς. Μεταξύ άλλων, μετρήθηκε η αγωγιμότητα, το pH, το BOD₅, η περιεκτικότητα σε Cd, Pb, Cu, Zn και πραγματοποιήθηκε έλεγχος τοξικότητας μέσω του πειράματος ακίνητοποίησης της *Daphnia magna* και της επίδρασης στην ανάπτυξη του φυτού *Lepidium sativum* σε δείγματα που συλλέχθηκαν από τις εκροές δύο Μονάδων Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων το μήνα Φεβρουάριο και Αύγουστο. Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων έδειξαν ότι δεν εμφανίζονται ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις σε κανένα στοιχείο. Όσον αφορά το πείραμα της ακίνητοποίησης της *Daphnia Magna* και τη μελέτη της επίδρασης στην ανάπτυξη του φυτού *Lepidium sativum*, έδειξαν ότι τα δείγματα δεν παρουσιάζουν τοξικότητα (Latif & Licek, 2004).

Έρευνα για την συνδυασμένη τοξικότητα εκροής (Whole Effluent Toxicity) πραγματοποιήθηκε στη Ν. Κορέα και αφορούσε την ποιότητα εκροών εννέα Μονάδων Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων που βρισκόταν στη λεκάνη απορροής του ποταμού Youngsan. Στα πλαίσια της έρευνας συλλέχθηκαν δείγματα των εκροών επί τρία χρόνια. (Οκτώβριος 2002-Μάιος 2005) και πραγματοποιήθηκαν χημικές αναλύσεις καθώς και το πείραμα ακίνητοποίησης της *Daphnia magna*.

Τα βασικά συμπεράσματα της έρευνας ήταν τα εξής (Ra et al., 2008):

- Παρατηρήθηκε τοξικότητα στο 34% των δειγμάτων των εκροών.
- Η παρατηρούμενη τοξικότητα των βαρέων μετάλλων μπορεί να περιγράφει από την ακόλουθη αύξουσα σειρά: Ag>Cd>Cu>Cr>Zn>Pb>Ni>Al.
- Στα βαρέα μέταλλα Cu και Zn οφείλεται το 45% της συνδυασμένης τοξικότητας.

- Η συνεργιστική ή ανταγωνιστική δράση των χημικών στοιχείων επηρεάζει την συνδυασμένη τοξικότητα η οποία επηρεάζεται και από στοιχεία τα οποία δεν μπορούν να ανιχνεύσουν οι χημικές αναλύσεις.

Έρευνα για τη διερεύνηση συσχέτισης μεταξύ της τοξικότητας του εδάφους και της τοξικότητας των υπόγειων υδροφορέων πραγματοποιήθηκε σε αστική περιοχή, στη κοιλάδα του Middle Thame, κοντά στην πόλη του Reading. Μεταξύ άλλων, πραγματοποιήθηκε και το πείραμα ακινητοποίησης της *Daphnia magna*, και έδειξε ότι παρουσιάζει ευαισθησία σε χαμηλές τιμές του pH, σε αυξομειώσεις της σκληρότητας του νερού, και σε ενώσεις όπως η αμμωνία (Sheehan et. al., 2002).

|

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 –ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας ήταν η διερεύνηση της υφιστάμενης ποιότητας των υδάτων του Πηνειού ποταμού και των εκροών μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων του Νομού Λάρισας (Λάρισας, ΒΙΠΕ Λάρισας και Τυρνάβου), με την εφαρμογή φυσικοχημικών μεθόδων. Η καινοτομία της εργασίας στηρίζεται στο γεγονός ότι για πρώτη φορά χρησιμοποιούνται οι οικοτοξικολογικές αναλύσεις, ως εργαλείο προσδιορισμού της τοξικότητας των υδάτων του Πηνειού.

Εξετάζοντας και συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των πειραμάτων μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα:

- Η ποιότητα των υδάτων του Πηνειού ποταμού με βάση τις φυσικοχημικές μεθόδους που εφαρμόστηκαν κρίνεται ικανοποιητική καθώς δεν παρατηρήθηκε κάποια τιμή εκτός των ορίων της Νομοθεσίας.
- Με βάση τις οικοτοξικολογικές μεθόδους που εφαρμόστηκαν ανησυχητικά ήταν τα αποτελέσματα κυρίως στο σημείο δειγματοληψίας στη γέφυρα Τεμπών, καθώς τόσο το δείγμα των επιφανειακών υδάτων όσο και το υγρό έπλυσης του ιζήματος της περιοχής χαρακτηρίστηκαν τοξικά. Επίσης, με βάση το πείραμα ακινητοποίησης της *Daphnia magna*, τοξικό χαρακτηρίστηκε το δείγμα των επιφανειακών υδάτων στη γέφυρα Μακρυχωρίου. Το γεγονός αυτό πιθανόν να οφείλεται κυρίως στις αυξημένες πιέσεις που δέχεται το υδάτινο οικοσύστημα από την γεωργική και βιομηχανική δραστηριότητα της ευρύτερης περιοχής.
- Η ποιότητα των εκροών των μονάδων επεξεργασίας που εξετάστηκαν στη παρούσα εργασία κρίνεται κατάλληλη για διάθεση σε υδάτινο αποδέκτη ή για επαναχρησιμοποίηση για αρδευτικούς σκοπούς καλλιεργειών. Παρόλα αυτά ο συνεχής έλεγχος όλων των φυσικοχημικών παραμέτρων και μια τριτοβάθμια επεξεργασία θα συντελούσε σε καλύτερη ποιότητα εκροής καταστρώντας το ανακτημένο νερό κατάλληλο για περισσότερες χρήσεις.
- Συγκριτικά, η μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων του Τυρνάβου είχε καλύτερη ποιότητα εκροής σε σχέση με αυτές της Λάρισας και της ΒΙΠΕ Λάρισας και στις δύο (2) δειγματοληψίες. Αυτό οφείλεται στη μέθοδο διήθησης η οποία απομακρύνει ένα σημαντικό ποσοστό των αιωρούμενων στερεών και παθογόνων μικροοργανισμών.

- Η μεθοδολογία της συγκεκριμένης εργασίας, κρίνεται θετική και αποδοτική ως προς την εφαρμογή της και προτείνεται η ενσωμάτωση επιπρόσθετων φυσικοχημικών παραμέτρων και η χρήση μικροβιολογικών αναλύσεων, για πληρέστερη εκτίμηση τόσο των υδάτων του Πηνειού, όσο και των εκροών των μονάδων επεξεργασίας.

Η εκτενέστερη και συστηματική εκτίμηση και παρακολούθηση των πιέσεων και του ρυπαντικού φορτίου που δέχεται ο Πηνειός ποταμός θα οδηγήσει στο εγγύς μέλλον, στην επίτευξη τουλάχιστον καλής ποιότητας των υδάτων του. Έτσι, θα πρέπει να περιοριστούν τα ρυπαντικά φορτία που εισέρχονται στον ποταμό και να δοθεί προτεραιότητα σε έργα αποκατάστασης των πιο υποβαθμισμένων τμημάτων του που στερούνται την ικανότητα αυτοκαθαρισμού, προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι της Οδηγίας 2000/60/ΕΕ.

Είναι σημαντικό, να προωθηθούν οι οικοτοξικολογικές αναλύσεις, ως απαραίτητο συμπλήρωμα των χημικών αναλύσεων, ώστε να μην χρειάζεται να πραγματοποιείται κάθε φορά μεγάλος αριθμός χημικών αναλύσεων, γεγονός που είναι χρονοβόρο και απαιτεί αυξημένο κόστος.

Επίσης, επιτακτική είναι και η ανάγκη κατασκευής μια αξιόπιστης ηλεκτρονικής βάσης δεδομένων, ελεύθερης πρόσβασης σε όλους, που πέρα από την ευαισθητοποίηση του κοινού, θα αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για τις οι μελλοντικές έρευνες που θα πραγματοποιηθούν ώστε να βασίζονται στο σύνολο των στοιχείων της βάσης αυτής και να μην χρειάζεται να επαναλαμβάνεται η συλλογή και η επεξεργασία των δεδομένων, γεγονός που επαναλαμβάνεται συνεχώς στην Ελλάδα.

Πρέπει να γίνει αντιληπτό από όλους ότι πλέον δεν υπάρχουν περιθώρια αναβολών και πρέπει να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις για την εξασφάλιση καλής οικολογικής κατάστασης της ποιότητας των υδάτων τόσο για το σήμερα όσο και για το μέλλον. Οι ποταμοί της Ελλάδας δεν προσφέρονται μόνο για ύδρευση, άρδευση, απόρριψη ανεπεξέργαστων ρυπαντικών φορτίων ή ως χώρος εκμετάλλευσης των παρόχθιων ζωνών. Η παρέμβαση στις φυσικές διεργασίες των ποταμών έχει ως άμεση συνέπεια στη βιοποικιλότητα και στην ποιότητα ζωής που απολαμβάνουμε σήμερα και σε αυτή που κληροδοτούμε στο μέλλον.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

- Αγγελάκης, Α. και Παρανυχιανάκης, Ν. (2005). Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αστικών υγρών αποβλήτων: ανάγκη θέσπισης κριτηρίων, Ημερίδα: *Διαχείριση υγρών αποβλήτων με αποκεντρωμένα συστήματα επεξεργασίας*, Νεοχώρι Καρδίτσας
- Ανδρεαδάκης, Α. (2008). Οδηγία-πλαίσιο 2000/60 για τη Διαχείριση Υδάτινων Πόρων. *Ινστιτούτο τοπικής Αυτοδιοίκησης*, Αθήνα
- Ανδρεαδάκης, Α., Γαβαλάκη, Ε., Μαμάης, Δ., Νουτσόπουλος, Κ., Τζήμας, Α. (2003). Πρόταση κατάρτισης ποιοτικών ορίων και προδιαγραφών επαναχρησιμοποίησης λυμάτων στην Ελλάδα. Πρακτικά του Επιστημονικού Δημέρου: *Ανάκτηση και Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων*, Θεσσαλονίκη, σελ.19-75
- Αργυρούλη, Φ. (2005). Μελέτη σκοπιμότητας και χωροθέτησης βιολογικών καθαρισμών τουριστικών και παραλιακών περιοχών Θεσσαλίας, Λάρισα
- Ασημακόπουλος, Δ. (2006). Ανάκτηση κόστους και τιμολόγηση νερού στα πλαίσια της Οδηγίας 2000/60. Ημερίδα: *2000/60 Οδηγία-Πλαίσιο για τα Νερά – Εναρμόνιση με την ελληνική πραγματικότητα*, ΕΜΠ, Αθήνα
- Βουβαλίδης, Κ. (1998). Μορφολογικές, ιζηματολογικές, ωκεανογραφικές διεργασίες και ανθρωπογενείς επεμβάσεις που συμβάλλουν στην εξέλιξη του συστήματος των εκβολών του ποταμού Στρυμόνα. Διδακτορική Διατριβή, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη
- Γελατζής, Χ. (2008). Υγρά απόβλητα δήμου Λάρισας. Επεξεργασία και απόδοση αυτών για χρήση στην άρδευση καλλιεργούμενων εκτάσεων. Διπλωματική εργασία, ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα
- Δανιλάκης, Β. (2011). Ελλείμματα και προβλήματα στην εφαρμογή της πολιτικής της ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων στην Ελλάδα: Η περίπτωση της λίμνης Κορώνειας, *Περιοδικό Νόμος και Φύση*, 5(48):70-77
- ΔΕΥΑΛ, 2013. Φυσικοχημικές παράμετροι Πηνειού ποταμού. *Τμήμα Εργαστηρίων*, Λάρισα (προσωπική επικοινωνία)

- Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, (2008). Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, Υποστήριξη της κατάρτισης Εθνικού Προγράμματος Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων. *Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος*, Αθήνα.
- Ελευθεριάδου, Ε. (2006). Εξομάλυνση αντιθέσεων στη διαχείριση διακρατικών υδατικών πόρων με χρήση μαθηματικών μεθόδων: Εφαρμογή στη λεκάνη του Νέστου. Διδακτορική διατριβή, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη
- Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών, (2012). Φυσικοχημικές παράμετροι Πηνειού ποταμού. *Ινστιτούτο Εσωτερικών Υδάτων*, Αθήνα (προσωπική επικοινωνία)
- Ερευνητική Ομάδα Εργαστηρίου Υγειονομικής Τεχνολογίας Εθνικού Μετσόβειου Πολυτεχνείου, (2004). Αξιολόγηση διεθνών κριτηρίων επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων. Ημερίδα: *Προστασία Υπόγειων Υδροφορέων από Υφαλμύρωση μέσω Εμπλουτισμού με Επεξεργασμένα Βιομηχανικά Απόβλητα και Ανάπτυξη Εργαλείων και Τεχνολογιών για τη Βιώσιμη Διαχείριση των Ιλύων από Μονάδες Καθαρισμού Βιομηχανικών Αποβλήτων*, Αθήνα
- Ζήση, Ε. (2007). Περιβαλλοντικοί παράγοντες και έλεγχος ποιότητας νερού του ποταμού Ληθαίου. Πτυχιακή εργασία, ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Νέα Μουδανιά
- Ιωάννου, Α. (2006). Ανάλυση πιέσεων-επιπτώσεων: Μια πρώτη προσέγγιση για τη λεκάνη απορροής του Πηνειού, Πτυχιακή εργασία: ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη
- Κισσούδης, Δ., Πετράς, Α. (2005). Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ και η εφαρμογή της στην Ελλάδα (Αναλύσεις-Σκέψεις-Προοπτικές-Προτάσεις), *Πρακτικά Αναπτυξιακού Συνεδρίου Νομού Δράμας*, Δράμα
- Κοκκινίδου, Φ. (2011). Μέθοδοι Προσδιορισμού της χημικής και οικολογικής κατάστασης επιφανειακών υδάτινων αποδεκτών στο πλαίσιο της Οδηγίας 2000/60 για τα Νερά. Μεταπτυχιακή Εργασία: ΕΜΠ, Αθήνα
- Κούγκολος, Α. (2005). *Εισαγωγή στην Περιβαλλοντική Μηχανική*. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη
- Κουτσογιάννης, Δ. (2013). Σημειώσεις μαθήματος Διαχείρισης Υδατικών Πόρων. *Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων*, ΕΜΠ, Αθήνα
- Κουτσογιάννης, Δ. (1997). *Αναβάθμιση και επικαιροποίηση της υδατικής πληροφορίας της Θεσσαλίας*. ΕΜΠ, Αθήνα

- Κουτσομήτρου, Θ., Λαζαρίδη, Κ., Αμπελιώτης, Κ., Κώτσου, Μ., Κυριακού, Μ. (2005). Αξιολόγηση της κατάστασης των υδάτων του τελικού αποδέκτη της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων του Ν. Τρικάλων. *Διεθνής Έκθεση Heleco*, Αθήνα
- ΚΥΑ 140384/2011- Ορισμός Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης της ποιότητας και της ποσότητας των υδάτων με καθορισμό των θέσεων (σταθμών) μετρήσεων και των φορέων που υποχρεούνται στην λειτουργία τους
- ΚΥΑ 145116/2011- Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις
- ΚΥΑ 51354/2641/Ε103 - Καθορισμός Προτύπων Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) για τις συγκεντρώσεις ορισμένων ρύπων και ουσιών προτεραιότητας στα επιφανειακά ύδατα, σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 2008/105/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου
- Κυρατσάκης, Γ. (2010). Έκθεση συμπερασμάτων μηνών Αυγούστου – Σεπτεμβρίου – Οκτωβρίου – Νοεμβρίου 2010 που προκύπτουν από τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών και των δοκιμών που διενεργήθηκαν σε τρεις καθορισμένους σταθμούς δειγματοληψίας του Πηνειού ποταμού. Λάρισα
- Μαμάσης, Ν. (2013). Ρύπανση υδατικών οικοσυστημάτων, Σημειώσεις μαθήματος Υδατικό Περιβάλλον και Ανάπτυξη, ΕΜΠ, Αθήνα
- Metcalf & Eddy (2007). Μηχανική Υγρών Αποβλήτων – Επεξεργασία και Επαναχρησιμοποίηση. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη
- Μιμίκου, Α. (2006). Αποτίμηση της εφαρμογής της Οδηγίας WFD 2000/60/EC. 3^η Πανελλήνια Ημερίδα Υδρολογίας και Υδατικών Πόρων, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος
- Μιμίκου, Α., Φωτόπουλος, Σ. (2004). Σημειώσεις μαθήματος Υδατικό Περιβάλλον και Ανάπτυξη. ΕΜΠ, Αθήνα
- Μιχαλοπούλου, Χ. (2004). *Νομοθεσία για το περιβάλλον*. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη
- Μυλόπουλος, Γ. (2008). Σημειώσεις μαθήματος Αποτίμηση και Διαχείριση Περιβάλλοντος, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη

Νόμος 3199/2003 για την προστασία και διαχείριση των υδατικών πόρων –
Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου της
23^{ης} Οκτωβρίου 2000 (ΦΕΚ 280 Α΄/9-12-2003)

Νόμος 1739/1987 για την Διαχείριση των υδατικών πόρων και άλλες διατάξεις
(ΦΕΚ Α΄/201-19/20-11-1987)

Οδηγία 2008/105/ΕΕ σχετικά με τα πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα
της πολιτικής των υδάτων καθώς και σχετικά με την τροποποίηση και τη
συνακόλουθη κατάργηση των οδηγιών του Συμβουλίου 82/176/ΕΟΚ,
83/153/ΕΟΚ, 84/156/ΕΟΚ, 84/491/ΕΟΚ και 86/280/ΕΟΚ και την
τροποποίηση της οδηγίας 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του
του Συμβουλίου

Οδηγία 2000/60/ΕΚ του ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου της 23ης Οκτωβρίου
2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής
των υδάτων

Οδηγία 91/271/ΕΟΚ για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων

Παναγόπουλος, Θ. (2010). *Δίκαιο Περιβάλλοντος*. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα

Παπαμιχαήλ, Δ. (2004). *Τεχνική υδρολογία επιφανειακών υδάτων*. Εκδόσεις
Γιαχούδη, Αθήνα

Σακελλαροπούλου, Κ. (2006). Η βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων.
Σεμινάριο: *Περιβάλλον και βιώσιμη ανάπτυξη*, Εθνική σχολή δικαστών,
Θεσσαλονίκη

Σκούλλος, Μ. (2002). Προβλήματα στην αειφόρο διαχείριση των υδατικών πόρων
στην Ελλάδα. Συνέδριο: *Ελληνικοί υδατικοί πόροι-μια ρεαλιστική προσέγγιση*,
Αθήνα

Στάμου, Α. (2004). *Βιολογικός καθαρισμός αποβλήτων*. Εκδόσεις Παπασωτηρίου,
Αθήνα

Στυλιανάκης, Θ. (2010). *Διαχειριστικά Σχέδια Στερεών Αποβλήτων για το Νομό
Λάρισας*, Λάρισα

Τάτσης, Λ. (2008). Διαχείριση των υδάτων στα πλαίσια της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ και
του Ν. 3199/2003, Προβλήματα και Προοπτικές. Περιοδικό: *Νόμος και Φύση*

- ΤΕΕ, (2007). *Το μετέωρο βήμα των βιολογικών καθαρισμών*. Τεύχος 2449:12-14
- Τσακίρης, Γ. (2001). Διαχείριση Υδατικών Πόρων για την Ειρήνη, την Ανάπτυξη και το Περιβάλλον. Συμπόσιο: *Αιγαίο-Νερό-Βιώσιμη Ανάπτυξη*, Πάρος
- Τσώνης, Στ. (2004). *Επεξεργασία λυμάτων*. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα
- ΥΠΑΝ, (2003). Σχέδιο προγράμματος διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας, Αθήνα
- ΥΠΕΚΑ, (2012). Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του Σχεδίου Διαχείρισης της Λεκάνης Απορροής Ποταμού (Υδατικού Διαμερίσματος) Θεσσαλίας. Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, σύμφωνα με τις Προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του Π.Δ. 51/2007, Αθήνα
- ΥΠΕΧΩΔΕ, (2009). Ολοκλήρωση του σχεδιασμού των υπολειπόμενων έργων ΔΑ και ΕΕΛ οικισμών Γ' Προτεραιότητας με πληθυσμό αιχμής > 2000 ΜΠΠ, ωρίμανση έργων ΔΑ και ΕΕΛ οικισμών Γ' Προτεραιότητας με χαμηλή ή καμιά ωριμότητα και Πρόγραμμα αποκατάστασης λειτουργικότητας ΕΕΛ σε αδράνεια. – Μέρος Α: Ολοκλήρωση του σχεδιασμού των υπολειπόμενων έργων Δ.Α. και ΕΕΛ οικισμών Γ' Προτεραιότητας με πληθυσμό αιχμής > 2000 Μ.Ι.Π. (Β' Φάση σχεδιασμού) – GR 14 Περιφέρεια Θεσσαλίας', *Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη*, Αθήνα
- ΥΠΕΧΩΔΕ, (2003). Περιφερειακό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης Περιφέρειας Θεσσαλίας, Αθήνα
- Χατζημπίρος, Κ. (2012). Σημειώσεις μαθήματος Σύγχρονοι τρόποι διαχείρισης και προστασίας του φυσικού και δομημένου περιβάλλοντος, ΕΜΠ, Αθήνα
- Χατζηνικολάου, Γ. (2007). Επίδραση διαχειριστικών πρακτικών στην ποιότητα νερού και στην οικολογία των ποταμών της Ελλάδας. Ο Πηνειός (Θεσσαλίας) ως ειδική περίπτωση μελέτης. Διδακτορική διατριβή: ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη
- WWF, (2005). Δεσμεύσεις χωρίς Εφαρμογή: Η Περιβαλλοντική νομοθεσία στην Ελλάδα. Εκδόσεις WWF Ελλάς, Αθήνα

ΔΙΕΘΝΗΣ

- Andreadakis, A., Gavalaki, E., Mamais, D., & Tzimas, A. (2001). Wastewater Reuse Criteria in Greece. *Proceedings of the 7th International Conference on Environmental Science and Technology Ermoupolis, Syros Island*, 10-14
- Bakopoulou, S., Emmanouil, C., & Kungolos, A. (2011). Assessment of wastewater effluent quality in Thessaly region, Greece, for determining its irrigation reuse potential. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74(2):188-194
- Bellos, D. & Sawidis, T. (2005). Chemical Pollution Monitoring of the River Pinios (Thessalia-Greece). *Journal of Environmental Management*, 76(4): 282-292
- Bellos, D., Sawidis, T., & Tsekos, I. (2004). Nutrient chemistry of River Pinios (Thessalia, Greece). *Environment International* 30(1): 105-115
- Boskidis, I., Gikas, G., Pisinaras, V., & Tsihrintzis, V. (2010). Spatial and temporal changes of water quality, and SWAT modeling of Vosvozis river basin, North Greece. *Journal of Environmental Science and Health*, 45 (11):1421-1440
- Dassenakis, M., Scoullou, M., Foufa, E., Krasakopoulou, E., Pavlidou, A., & Kloukiniotou, M. (1998). Effects of multiple source pollution on a small Mediterranean river. *Applied Geochemistry*, 13(2):197-211
- EPA, 2002. Introduction to water quality based toxics control for the NPDES program, 1-9
- Fytianos, K., Siumka, A., Zachariadis, A., & Beltsios, S. (2002). Assessment of the quality characteristics of Pinios river, Greece. *Water, Air, and Soil Pollution*, 136(1-4): 317-329
- Gasith, A. & Resh, H. (1999). Stream in Mediterranean Climate Regions: Abiotic Influences and Biotic Responses to Predictable Seasonal Effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 30: 51-81
- Gikas, G., Tsihrintzis, V., Christos, A., & Haralambidis, G. (2009). Water quality trends in Polyphytos reservoir, Aliakmon River, Greece. *Environmental Monitoring and Assessment*, 149(28):163-181

- Ioannou, A., Chatzinikolaou, Y., & Lazaridou, M. (2009). Apreliminary pressure-impact analysis applied in the Pinios river basin (Thessaly, central Greece). *Water and Environment Journal*, 21(10):1673-1702
- ISO, (1982). Water quality: Determination of the inhibition of the mobility of *Daphnia magna* Strauss (Cladocera, Crustacea). *International Organization for Standardization*, ISO 6341
- Johnson, T. (2005). Microtox acute toxicity test: Chapter 1, *Small-scale Freshwater Toxicity Investigations Volume 1 – Toxicity Test Methods*, Springer, The Netherland, 69-105
- Kotti, M., Vlessidis, A., Athanasoulas, N., & Evmiridis, N. (2005). Assessment of River Water Quality in Northwestern Greece Water. *Resources Management*, 19(1):77-94
- Latif, M. & Licek, E.(2004). Toxicity Assessment of Wastewaters, River Waters, and Sediments in Austria Using Cost-Effective Microbiotests. *Toxicity assessment of Austria water and sediment*, 19(4):302- 309
- Loukas, A. & Vasiliades, L. (2004). Probabilistic Analysis of Drought Spatiotemporal Characteristics in Thessaly Region, Greece. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 4(5-6):719-731
- Martins, J., Oliva Teles, L., & Vasconcelos, V. (2007). Assays with *Daphnia magna* and *Danio rerio* as alert systems in aquatic toxicology. *Enviromental international*, 33(3):414-425
- Mays, L. (1996). Water resources handbook. *McGraw-Hill*, United States, 1100-1102
- Mimikou, M. (2005). Water basin management in the framework of the Directive 2000/60: The Greek case. *Proceedings of the WSEAS and IASME Conference: Energy, Ecosystems, Environment and Sustainable Development*, Vouliagmeni, Athens
- Mimikou, M. & Koutsoyannis, D. (1995). Extreme floods in Greece. *U.S.- Italy Research Workshop on the Hydrometeorology, Impacts and Management of Extreme Floods*, Perugia (Italy)

- Moustaka, M., Nikolaidis, G., & Alias, C. (1992). Phytoplankton and physical-chemical features of Tavropos Reservoir, Greece. *Hydrobiologia*, 225(2):141-149
- Nikolaidis, P., Karageorgis, P., Kapsimalis, V., Drakopoulou, P., Skoulikidis, T., Brehrendt, H., & Levkov, Z. (2009). Management of nutrient emission of Axios river catchment: Their effect in the coastal zone of Thermaikos Gulf, Greece. *Ecological Modelling*, 220(3):383-396
- Papafilippaki, K., Kotti, E., & Stavroulakis, G. (2008). Seasonal variations in dissolved heavy metals in the Keritis river, Chania, Greece. *Global Nest Journal*, 10(3):320-325
- Ra, S., Lee, C., Chang, I., & Kim, D. (2008). Comparative Whole Effluent Toxicity Assessment of Wastewater Treatment Plant Effluents using *Daphnia magna*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 80(3):196-199
- Sakellariou-Markantonaki, M. & Angelaki, A. (2007). Toxicity tests on reclaimed municipal wastewaters. *Proceedings of the International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics*, Skiathos, 265-270
- Sawidis, T., Stratis, J., & Zachariadis, G. (1991). Distribution of heavy metals in sediments and aquatic plants of the river Pinios. *Science of the Total Environment*, 102:261-266
- Sheehan, P., Dewhurst, E., Jamew, S., Callaghan, A., Connon, R., & Crane, M. (2002). Is there a relationship between soil and groundwater toxicity? *Environmental Geochemistry and Health* 25:10-16
- Stamatis, G. (1999). The chemical composition of the surface system of Peneos river, Thessaly/Central Greece, *Environmental Geology* 38(2):126-140
- Tsoupanos, D., Karamanolis, P., Zannis, P., & Zouboulis, L. (2012). Evaluation of the treatment efficiency of the central treatment unit (CTU) of the industrial area of Larisa (Greece). *Desalination and Water Treatment*, 39(1-3):248-255
- Voutsas, D., Manoli, E., Samara, C., Sofoniou, M., & Stratis, I. (2000). A study of surface water quality in Macedonia, Greece: speciation of nitrogen and phosphorus, *Water, Air, and Soil Pollution*, 129(1-4):13-32