

## Πίνακας περιεχομένων

Κατάλογος πινάκων και εικόνων .....	4
Περίληψη.....	6
Abstract .....	7
Εισαγωγή .....	8
1. Παρουσίαση πρότασης δημιουργίας Ορνιθολογικού – Περιβαλλοντικού Πάρκου Παμβώτιδας.....	10
1.1. Υφιστάμενη κατάσταση.....	10
1.2. Συνοπτική παρουσίαση προτεινόμενου Πάρκου.....	12
1.3. Επιθυμητή διαμόρφωση των βιοτόπων του Περιβαλλοντικού Πάρκου.....	14
1.4 Δημιουργία ποικιλίας ενδιαιτημάτων στο Πάρκο .....	17
1.5. Προτεινόμενος σχεδιασμός Περιβαλλοντικού Πάρκου .....	18
2. Τεχνητοί υγρότοποι.....	22
2.1. Γενικά.....	22
2.2. Τεχνητοί υγρότοποι επιφανειακής και υποεπιφανειακής ροής (Free water surface and subsurface flow constructed wetlands) .....	22
2.2.1. Τεχνητοί υγρότοποι κατακόρυφης υποεπιφανειακής ροής (Vertical flow subsurface constructed wetlands).....	25
2.2.2. Τεχνητοί υγρότοποι οριζόντιας υποεπιφανειακής ροής.....	27
2.3. Είδη βλάστησης που χρησιμοποιούνται σε τεχνητούς υγρότοπους. ....	30
2.4. Απομάκρυνση ρύπων σε συστήματα τεχνητών υγρότοπων .....	34
2.4.1 Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD) .....	34
2.4.2 Αιωρούμενα στερεά .....	35
2.4.3. Άζωτο .....	35
2.4.4 Οργανικό άζωτο.....	35
2.4.5 Αμμωνία .....	36
2.4.6 Νιτρικό άζωτο.....	36
2.4.7 Φωσφόρος .....	38
2.4.8 Μέταλλα.....	39
2.4.9 Οργανικοί ρύποι.....	40
2.4.10 Παθογόνοι μικροοργανισμοί.....	40
2.5. Πανίδα στους τεχνητούς υγροβιότοπους.....	40
2.6. Μικροβιακοί οργανισμοί.....	41
2.7. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τεχνητών υγροβιότοπων σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα επεξεργασίας.....	42

3. Λίμνες σταθεροποίησης.....	44
3.1. Γενικά Χαρακτηριστικά.....	44
3.2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα λιμνών σταθεροποίησης.....	49
4. Πηγές ρύπανσης υδάτων.....	51
4.1. Γενικά.....	51
4.2. Χρήσεις γης.....	52
4.3. Δίκτυο Ύδρευσης.....	56
4.4. Αποχέτευση ομβρίων.....	57
4.5. Αποχέτευση ακαθάρτων.....	58
4.6. Απορρίμματα.....	60
4.7. Νοσοκομειακά λύματα.....	64
4.8. Αποστραγγιστικά-Αντιπλημμυρικά Έργα.....	65
4.9. Ποιότητα Νερών.....	65
4.10. Εκτίμηση ρύπανσης από κτηνοτροφικές δραστηριότητες.....	67
4.11. Ρύπανση από γαλακτοβιομηχανίες – τυροκομεία.....	72
4.12. Ρύπανση από σφαγεία και μονάδες επεξεργασίας κρέατος.....	72
4.13. Εκτίμηση ρύπανσης από γεωργικές καλλιέργειες.....	74
4.14. Διατάραξη υδατικού ισοζυγίου της υδρολογικής λεκάνης.....	78
4.15. Εγγύτητα φρεάτιου υδροφόρου οριζοντα με την επιφάνεια.....	80
4.16. Υποβάθμιση της ποιότητας του εδάφους.....	80
5. Καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης στην περιοχή μελέτης.....	82
5.1. Κλιματολογικά στοιχεία.....	82
5.2. Σεισμικότητα.....	86
5.3. Υδρογεωλογία.....	87
5.4. Υδρολογία.....	90
6. Σχεδιασμός τεχνητών υγρότοπων στα πλαίσια του Περιβαλλοντικού Πάρκου.....	95
6.1. Βασικά βήματα σχεδιασμού τεχνητών υγροβιότοπων.....	95
6.2. Περιγραφή τεχνολογίας.....	95
6.3. Μοντέλα Σχεδιασμού τεχνητών υγροβιότοπων.....	96
6.3.1. Γενικές διαδικασίες σχεδιασμού.....	97
6.4. Γενικά κατασκευαστικά στοιχεία.....	98
6.4.1. Έλεγχος φορέων εντόμων.....	98
6.4.2 Εξατμισοδιαπνοή.....	99
6.4.3 Ατμοσφαιρική ρύπανση.....	100

6.4.4 Περιορισμοί ψυχρού κλίματος.....	100
6.4.5 Σχηματισμός πάγου .....	100
6.4.6 Συνέπειες τήξης του πάγου.....	101
6.4.7 Βιοχημικές αντιδράσεις και πρόσληψη θρεπτικών.....	101
6.4.8 Αξιολόγηση των διαδικασιών έμφραξης υποστρώματος.....	101
6.5. Σενάριο δημιουργίας τεχνητών υγράτοπων.....	103
6.5.1. Πρόταση.....	103
6.5.2. Μοντέλο λιμνών .....	104
6.5.3. Σχολιασμός διαμόρφωσης υπόλοιπου τμήματος Πάρκου.....	110
7. Συμπεράσματα.....	113
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	116
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	119
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 - ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ.....	119
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 – ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....	121
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 – ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	123
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4 - ΧΑΡΤΕΣ.....	125

## Κατάλογος πινάκων και εικόνων

Πίν.2.1	Εργασίες για τη σωστή λειτουργία φυτεμένων φίλτρων με οριζόντια ροή	29
Πίν.3.1	Εργασίες συντήρησης σε λίμνη σταθεροποίησης	47
Πίν.4.1	Χρήσεις γης ανά Νέο Δήμο για τα έτη 1971, 1981, 1991 (εκτάσεις σε χιλιάδες στρέμματα)	53
Πίν.4.2	Τεμαχισμός των γεωργικών εκμεταλλεύσεων(εκτάσεις σε στρέμματα)	54
Πίν.4.3	Εκμεταλλεύσεις και εκτάσεις αυτών κατά είδος καλλιέργειας(εκτάσεις σε στρέμματα)	55
Πίν.4.4	Αντληθείσες ποσότητες νερού για κάλυψη αναγκών ύδρευσης πόλης Ιωαννίνων	56
Πίν.4.5	Σχέδιο Διαχείρισης Λυμάτων Λεκανοπεδίου Ιωαννίνων	59
Πίν.4.6	Χώροι ανεξέλεκτης διάθεσης απορριμμάτων, Ν. Ιωαννίνων	61
Πίν.4.7	Παραγωγή οικιακών απορριμμάτων Ν. Ιωαννίνων	62
Πίν.4.8	Μέση εκατοστιαία σύσταση των αστικών στερεών αποβλήτων στον Δήμο Ιωαννιτών	63
Πίν.4.9	Δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν το 2002 από το Γενικό Χημείο του Κράτους στο κέντρο της λίμνης Ιωαννίνων	66
Πίν.4.10	Πτηνοτροφικές μονάδες ανά Δ.Δ. και νέο Δήμο	67
Πίν.4.11	Ετήσιες ποσότητες παραγόμενων αποβλήτων από πτηνοτροφικές μονάδες κατανεμημένες στο λεκανοπέδιο Ιωαννίνων	69
Πίν.4.12	Ρυπαντικά φορτία σφαγείου στην περιοχή Κασικά	73
Πίν.4.13	Ενδεικτικός πίνακας χρησιμοποιούμενων προσθέτων στην περιοχή μελέτης	77
Πίν.5.1	Μέση μηνιαία και ετήσια βροχοπτώση σε mm,σταθμός Ιωαννίνων(ΕΜΥ 1956-1997)	82
Πίν.5.1	Θερμοκρασία αέρα 24ώρου (°C)	84
Πίν.5.2	Μέση Σχετική υγρασία αέρα (%), ταχύτητα (m/sec) και διεύθυνση ανέμου	84
Πίν.5.3	Πραγματική ηλιοφάνεια, νεφосκεπείς ημέρες και ημέρες με ομίχλη και χιόνι	85
Πίν.5.4	Πραγματική εξάτμιση (mm).	86
Πίν.5.5	Σεισμοί περιοχής λίμνης Παμβώτιδας	86
Πίν.5.7	Μηνιαίο ισοζύγιο νερού από Απρίλιο 1998 – Μάρτιο 1999.	93
Εικ. 1.1	Προτεινόμενη θέση Περιβαλλοντικού Πάρκου-κίτρινη περιοχή (απόσπασμα χάρτη 1:5000 Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού)	11
Εικ. 1.2	Πανοραμική άποψη εκτάσεων μελλοντικού Πάρκου	13
Εικ. 1.3	Χορτολιβαδικές εκτάσεις του αγροκτήματος της Γεωργικής Σχολής	14
Εικ. 1.4	Βιότοποι και λιβάδια ιδιοκτησίας Γεωργικής Σχολής	14
Εικ. 1.5	Η αξία των καλαμώνων για την άγρια ζωή(Ε.Ο.Ε.)	16
Εικ. 1.6	Σχηματική τομή Πάρκου(Ε.Ο.Ε.)	19
Εικ. 1.7	Σχηματική απεικόνιση παρεμβάσεων (Ε.Ο.Ε.)	19
Εικ.2.1	Διεργασίες που πραγματοποιούνται σε τεχνητό υγρότοπο.	23
Εικ.2.2	Σχηματική απεικόνιση τεχνητού υγρότοπου επιφανειακής και υπόγειας ροής αντίστοιχα	25
Εικ.2.3	Τεχνητός υγρότοπος επιφανειακής ροής	25
Εικ.2.4	Τεχνητός υγρότοπος κατακόρυφης υποεπιφανειακής ροής	26
Εικ.2.5	Σχηματική τομή υγρότοπου κατακόρυφης υπόγειας ροής	26
Εικ.2.6	Δίκτυο σωληνώσεων σε κλίνες οριζόντιας ροής	27
Εικ.2.7	Εγκάρσια τομή φυτεμένου φίλτρου σε οριζόντια ροή	28
Εικ.2.8	Ανάπτυξη φυτών σε υγρότοπους ανάλογα με το είδος τους	31
Εικ.2.9	<i>Typha latifolia</i>	32
Εικ.2.10	<i>Phragmites australis</i>	32
Εικ.2.11	Σχηματική απεικόνιση φυτών σε τεχνητούς υγρότοπους	33
Εικ.2.12	Αφαίρεση αζώτου σε τεχνητούς υγρότοπους ελεύθερης επιφάνειας	38
Εικ.2.13	Κύκλος φωσφόρου σε υγρότοπους ελεύθερης επιφάνειας	39
Εικ.3.1	Μηχανισμοί σε λειτουργία μέσα σε φυσικές λίμνες σταθεροποίησης	45
Εικ.3.2	Λίμνη σταθεροποίησης	46
Εικ.3.3	Διαδικασία απομάκρυνσης αζώτου σε δεξαμενές σταθεροποίησης	48
Εικ.3.4	Διαδικασία απομάκρυνσης φωσφόρου σε δεξαμενές σταθεροποίησης	49
Εικ.4.1	Τριτοβάθμιος βιολογικός καθαρισμός Ιωαννίνων	58
Εικ.4.2	Κύκλος αζώτου σε φυσικό και σε αγρο-οικοσύστημα	74
Εικ.4.3	Κύκλος ρύπανσης φυτοφαρμάκων	76
Εικ.5.1	Συνολική μηνιαία βροχοπτώση από τον Ιανουάριο 1970 έως Ιούνιο 1999 κοντά στη λίμνη Παμβώτιδα	83
Εικ.5.2	Χάρτης γεωλογίας – υδρογεωλογίας Ηπείρου	89
Εικ.6.1	Εγκάρσια τομή φυτεμένου φίλτρου σε κάθετη ροή	103
Εικ.6.2	Σκαρίφημα σύνδεσης λίμνης σταθεροποίησης με δεξαμενή κατακόρυφης και οριζόντιας ροής	104
Εικ.6.3	Οριζοντιογραφία περιοχής μελέτης	104
Εικ.6.4	Μοντέλο τεχνητών υγρότοπων	105

Εικ.6.5	Τάφρος δυτικής πλευράς	105
Εικ.6.6	Τροφοδότηση από ανατολική τάφρο.	106
Εικ.6.7	Σχηματική τομή λίμνης σταθεροποίησης	107
Εικ.6.8	Οριζοντιογραφία λίμνης σταθεροποίησης	107
Εικ.6.9	Λίμνες με διαστάσεις 110*330m(αριστερά) και 170*510m(δεξιά)	108
Εικ.6.10	Τομή ΑΑ' κλίσης οριζόντιας ροής	108
Εικ.6.11	Οριζοντιογραφία κλίσης οριζόντιας ροής[6]	109
Εικ.6.12	Διάταξη υπερχείλισης	109
Εικ.6.13	Ποδηλατόδρομος παράλληλα στη λίμνη Παμβώτιδα	110
Εικ.6.14	Διαμόρφωση υγρών λιβαδιών	111
Εικ.6.15	Σενάριο δημιουργίας Περιβαλλοντικού Πάρκου	112

## Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται καταρχήν η πρόταση δημιουργίας Οικολογικού – Περιβαλλοντικού Πάρκου της λίμνης Παμβώτιδας, που έχει εκπονηθεί από την Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία με σκοπό την ανάπλαση της περιοχής. Με αφορμή την παραπάνω πρόταση περιγράφεται ένα σενάριο ανάπλασης της περιοχής μελέτης, που αφορά τη χρήση φυσικών συστημάτων καθαρισμού των λυμάτων που απορρέουν στην περιοχή κι έχουν φυσική κατάληξη τη λίμνη.

Συγκεκριμένα προτείνεται η εφαρμογή τεχνητών υγρότοπων υποεπιφανειακής οριζόντιας ροής σε συνδυασμό με λίμνες σταθεροποίησης.

Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες στην περιοχή και ειδικότερα οι κτηνοτροφικές και γεωργικές, έχουν επιφέρει αρνητικές συνέπειες στους φυσικούς οικοτόπους της λίμνης. Η ανάγκη άμεσων δράσεων αποκατάστασης ενδαιτημάτων, καθώς και των υγρολιβαδικών εκτάσεων και των καλαμώνων οδήγησε στην ιδέα της δημιουργίας του Περιβαλλοντικού Πάρκου, σε μια παραλίμνια έκταση περίπου 2000στρ., που ανήκουν στη Γεωργική Σχολή του Εθνικού Ιδρύματος Αγροτικής Έρευνας του Υπ.Αγρ.Αν.&Τροφ. και στον Δήμο Παμβώτιδας.

Στην συγκεκριμένη εργασία γίνεται αναφορά στην ποιότητα υδάτων που διασχίζουν την περιοχή και γενικότερα την ευρύτερη περιοχή των Ιωαννίνων καθώς επίσης περιγράφονται τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Πρόκειται για έναν σύγχρονο τρόπο αντιμετώπισης των αποβλήτων που προκύπτουν από την οικιακή, αγροτική και βιομηχανική χρήση νερού, με πλεονεκτήματα όπως χαμηλή έως μηδενική κατανάλωση ενέργειας και αισθητική αναβάθμιση του τοπίου

Τέλος αναλύεται το σενάριο δημιουργίας τεχνητών υγροβιότοπων, που έχει προκύψει μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος AutoCad 2008 και προσωπικών υπολογισμών.

## Abstract

The purpose of the current dissertation is to present a proposal for the creation of an environmental park for lake "Pamvotida", conducted by the Hellenic Ornithological Society aiming to re-establish and develop the particular area. Throughout the thesis, an analytical re-establishment scenario will be thoroughly described. The scenario deals with the use of natural cleaning systems for wastewater treatment, for the foul water that ends up into the lake due to geographical and morphological factors.

In particular, the dissertation proposes the application of horizontal subsurface flow constructed wetlands combined with stabilisation ponds.

The human activities in the area and especially the agricultural ones have brought up a plethora of negative consequences to the natural habitats of the lake. The absolute requirement for habitat reinstatement actions have led to the creation of an environmental park in a 2.000.000m<sup>2</sup> area adjacent to the lake which belongs to Agricultural School of National Agricultural Research Foundation(N.AG.RE.F.) of Ministry of Rural Development and Food and to Municipality of Pamvotis.

The dissertation also refers to the quality of the waters running through the wider area of Ioannina and the natural fluid waste handling systems, a modern way of dealing with waste incurring from household, agricultural and industry water use which can reduce the energy required dramatically while at the same time increasing the aesthetic, commercial and habitat values.

Eventually, the dissertation presents analytically the scenario for the creation of constructed wetland developed through the use of Autocad designing tool as well as personal mathematical calculations.

## Εισαγωγή

Η λίμνη Παμβώτιδα είναι ένας από τους γνωστότερους ελληνικούς υγράτοπους και συγκεκριμένα αποτελεί έναν πολύτιμο βίοτοπο για την άγρια ζωή, φιλοξενώντας μια εξαιρετικά πλούσια βιοποικιλότητα, τέτοια που δικαιολογεί το χαρακτηρισμό της ως Τόπου Κοινοτικής Σημασίας και Ζώνης Ειδικής Προστασίας του δικτύου Natura 2000.

Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες που ασκούσαν κατά το παρελθόν, ασκούν και σήμερα πιέσεις με αρνητικές συνέπειες στους φυσικούς οικοτόπους της λίμνης Παμβώτιδας και είναι οι εξής:

α) οι εκχερσώσεις παρόχθιας βλάστησης με άμεσο αποτέλεσμα την ποσοτική μείωση της επιφάνειας των παρόχθιων φυτοκοινωνιών,

β) οι αποξηράνσεις λιμνών όπως η Λαψίστα, αποστραγγίσεις ελωδών εκτάσεων στα ανατολικά τμήματα της λίμνης και δημιουργία αναχώματος που είχαν ως άμεσα αποτελέσματα την απώλεια των περιοδικά κατακλυζόμενων υγρών λιβαδιών και των ρηχών εκτάσεων της λίμνης,

γ) η διατάραξη του υδατικού ισοζυγίου της λίμνης και η ρύπανση (αστική, ρύπανση από κτηνοτροφικά απόβλητα, από γεωργικές καλλιέργειες) που έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ευτροφικών καταστάσεων, που ευνοούν την επέκταση των καλαμώνων οι οποίοι σταδιακά προσχώνουν τη λίμνη, αλλά και την αλλαγή της χλωριδικής δομής των υδρόβιων φυτοκοινωνιών της λίμνης.

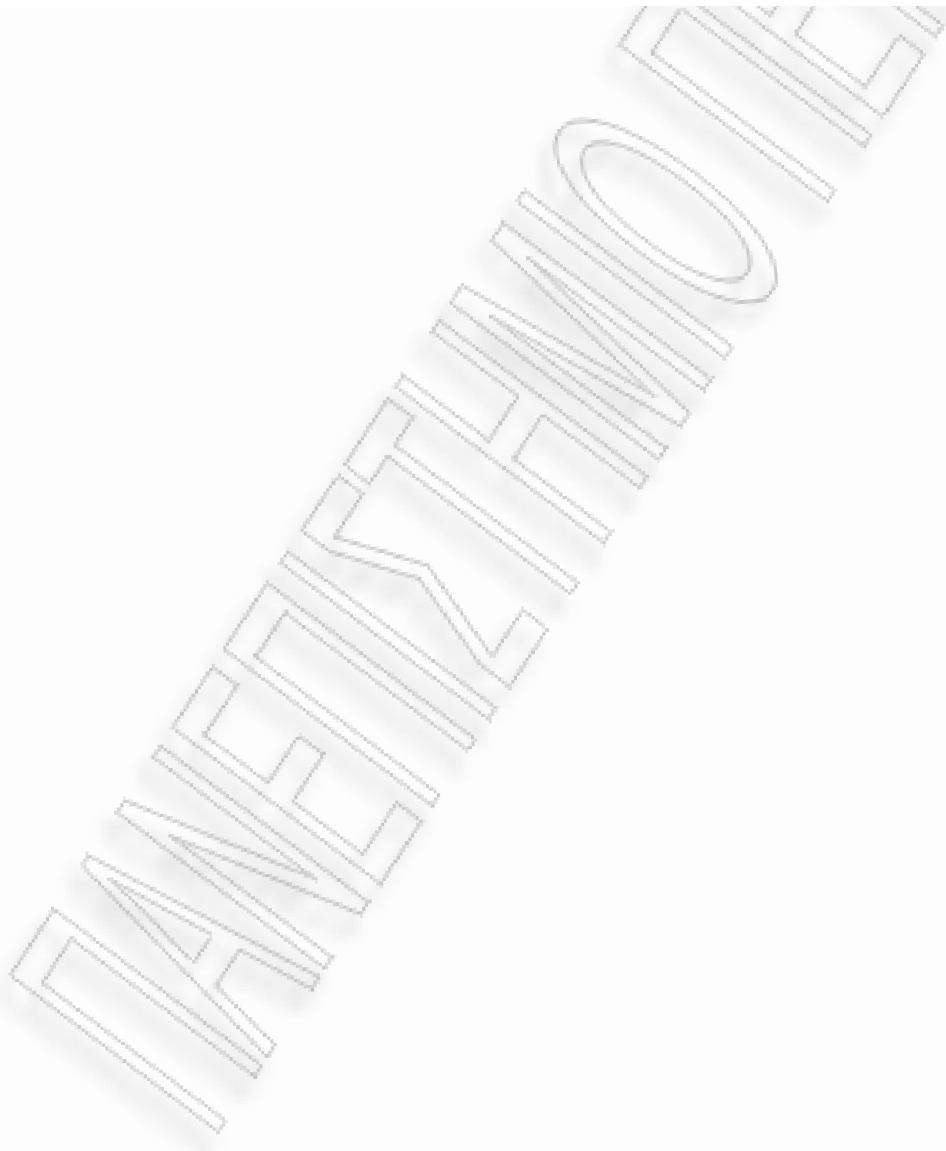
Στο πλαίσιο της αναζήτησης νέων προοπτικών ανάπτυξης της περιοχής των Ιωαννίνων, ιδιαίτερα σε ό,τι αφορά στην προσέλκυση επισκεπτών μέσα από την ανάδειξη των πραγματικά μοναδικών φυσικών και πολιτιστικών αξιών του τόπου, και σε συνάρτηση με την προστασία και διατήρηση του πολύτιμου περιβάλλοντος της παραλίμνιας ζώνης της Παμβώτιδος, έχει έρθει στο προσκήνιο μια ιδέα για δημιουργία Ορνιθολογικού - Περιβαλλοντικού Πάρκου σε περιοχή έκτασης περίπου 2000 στρεμμάτων, στη νοτιοδυτική πλευρά της λίμνης, στα διοικητικά όρια του Δήμου Παμβώτιδος, από τοπικούς επιστήμονες και μέλη τοπικών περιβαλλοντικών φορέων, αλλά και της Ελληνικής Ορνιθολογικής Εταιρείας (ΕΟΕ).

Μέσω της ΕΟΕ εκπονήθηκε μια πρόταση, η οποία προσπαθεί με ρεαλιστικό τρόπο να προδιαγράψει τη δημιουργία ενός πρότυπου Πάρκου για τα ελληνικά δεδομένα, το



οποίο θα συμβάλλει στη διατήρηση του τοπικού φυσικού περιβάλλοντος, θα αναβαθμίσει την ποιότητα ζωής των πολιτών της ευρύτερης περιοχής και ταυτόχρονα θα τονώσει την τοπική οικονομία προσφέροντας εισόδημα και θέσεις εργασίας.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να γίνει μια παρουσίαση της εφαρμογής των τεχνητών υγρότοπων στην περίπτωση του Περιβαλλοντικού Πάρκου, οι οποίοι θα συντελέσουν στη δημιουργία ενός ισορροπημένου οικοσυστήματος βιότοπου. Πρόκειται δηλαδή για μικρές έκτασης τεχνητές λίμνες κατά μήκος του Πάρκου, οπότε και θα εξεταστεί η διαμόρφωσή τους ως προς το φυσικό σύστημα καθαρισμού των υδάτων.



# 1. Παρουσίαση πρότασης δημιουργίας Ορνιθολογικού – Περιβαλλοντικού Πάρκου Παμβώτιδας

## 1.1. Υφιστάμενη κατάσταση

Η σημαντικότερη περιοχή της λίμνης Παμβώτιδας είναι οι καλαμώνες γύρω από τις όχθες της, και αυτοί του νησιού καθώς και η ζώνη μετάβασης έως την ακτή, τόσο για το φώλιασμα και την απόκρυψη των εξειδικευμένων ειδών των καλαμώνων το καλοκαίρι, όσο και κατά την διάρκεια της μετανάστευσης, ενώ η μεταβατική ζώνη αποτελεί τον κυριότερο χώρο διατροφής των περισσότερων ειδών. Η υδάτινη επιφάνεια της λίμνης είναι λιγότερο σημαντική για την διατροφή αλλά λειτουργεί ως σημαντικός χώρος ξεκούρασης κυρίως κάποιων ειδών παπιών (Anatidae) τον χειμώνα καθώς και των εκατοντάδων γλάρων.

Εξέχουσα σημασία για την διατροφή κάποιων ειδών έχουν τα υγρά λιβάδια της Αμφιθέας, του Περάματος και της Κατσικάς που έχουν περιοριστεί αισθητά τα τελευταία χρόνια, ενώ οι αγροτικές εκτάσεις κυρίως στα νότια της περιοχής αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της υδροτοπικής περιοχής όπου απαντούν ακόμη αρκετά είδη πουλιών που μειώνονται σταθερά στην υπόλοιπη Ευρώπη.

Συγκεκριμένα θα μπορούσαμε να εντοπίσουμε κάποια από τα σημαντικότερα προβλήματα που εντοπίζονται στην περιοχή και έχουν αρνητικές επιπτώσεις στο βιοτικό περιβάλλον και είναι τα εξής [9]:

- Ο περιορισμός των παροδικά πλημμυρισμένων εκτάσεων και των επιφανειών με ρηχά νερά, η συρρίκνωση της παρόχθιας βλάστησης, ο περιορισμός της περιβαλλοντικής ετερογένειας εξαιτίας της επέκτασης των καλαμώνων έχουν αρνητικές επιπτώσεις στα υδρόβια και παραυδάτια είδη ορνιθοπανίδας, μειώνοντας τους τόπους φωλιάσματος, τροφοληψίας, αναπαραγωγής, αλλά και στάθμευσης των μεταναστευτικών ειδών.
- Η σταδιακή εγκατάλειψη της εκτατικής κτηνοτροφίας, η λαθροθηρία και η χρήση δηλητηριασμένων δολωμάτων αποτελούν τα κύρια προβλήματα που επηρεάζουν τα αρπακτικά.
- Η εντατικοποίηση της γεωργίας και της κτηνοτροφίας υποβαθμίζουν τα ενδιαίτηματα των στρουθιομόρφων ειδών με άμεση επίπτωση στους πληθυσμούς τους.
- Η διακοπή της επικοινωνίας της λίμνης με την Λαψίστα και τις καταβόθρες που οδηγούσαν στον Καλαμά και το Λούρο ελαχιστοποίησαν την δυνατότητα φυσικού

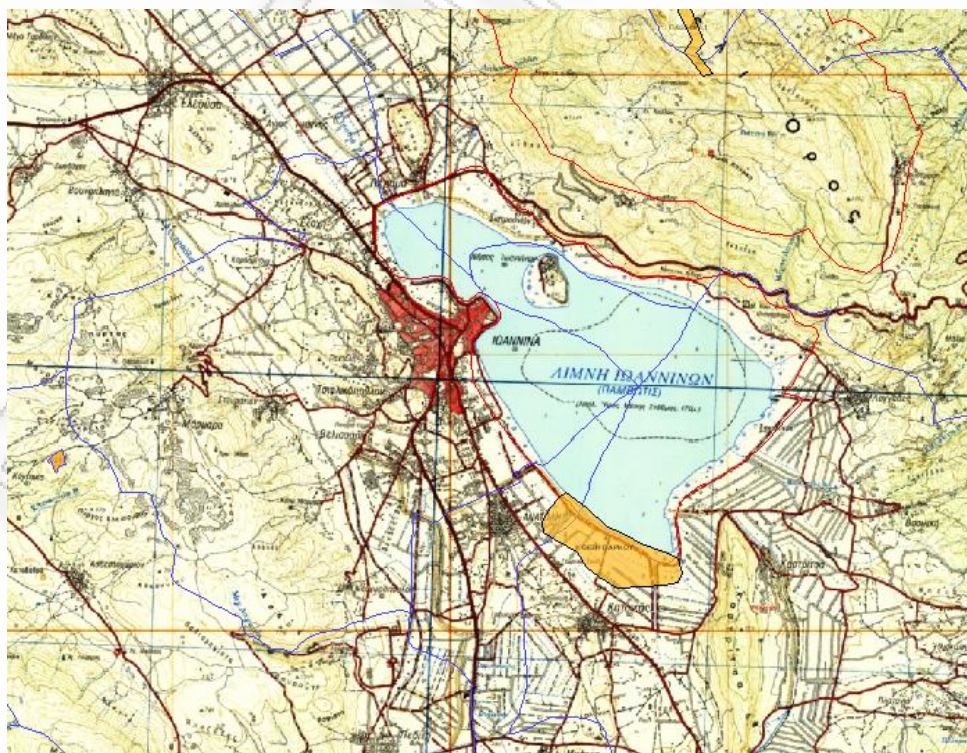
εμπλουτισμού της λίμνης σε ψάρια.

Η λίμνη γενικότερα στην περιφέρειά της δέχεται πιέσεις τόσο από ιδιώτες όσο και από την τοπική αυτοδιοίκηση οι οποίοι επιθυμούν να επεκτείνουν τις δραστηριότητές τους στη λίμνη. Οι επεκτάσεις και οι καταπατήσεις του φυσικού χώρου της λίμνης συνδέονται με έργα υποδομής, την γεωργία, την βόσκηση, την οικιστική δραστηριότητα, καθώς και την συνεχή ζήτηση χώρων αναψυχής.

Αξίζει να αναφερθεί ότι μετά το χαρακτηρισμό της λίμνης ως ΖΕΠ(Ζώνης Ειδικής Προστασίας) και ΤΚΣ(Τόπου Κοινοτικής Σημασίας), από το 2003 θεσμοθετήθηκε και συστάθηκε ο Φορέας Διαχείρισης της λίμνης Παμβώτιδας για να εφαρμόσει τη βιώσιμη διαχείριση της λίμνης και των φυσικών ενδιαιτημάτων της.

Η ανάγκη άμεσων δράσεων αποκατάστασης ενδιαιτημάτων και αποκατάστασης των υγρολιβαδικών εκτάσεων της Παμβώτιδας, οδήγησε στην ιδέα για τη δημιουργία ενός Ορνιθολογικού – Περιβαλλοντικού Πάρκου.

Το Ορνιθολογικό -Περιβαλλοντικό Πάρκο Παμβώτιδας, προτείνεται να δημιουργηθεί σε παραλίμνια έκταση περίπου 2000 στρεμμάτων, που ανήκουν στη Γεωργική Σχολή του ΕΘΙΑΓΕ (Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας) του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων και στον Δήμο Παμβώτιδας. Η περιοχή εφάπτεται της λίμνης και βρίσκεται νότια της πόλης των Ιωαννίνων(εικ1.1).



Εικ. 1.1. Προτεινόμενη θέση Περιβαλλοντικού Πάρκου-κίτρινη περιοχή (απόσπασμα χάρτη 1:5000 Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού)

## **1.2. Συνοπτική παρουσίαση προτεινόμενου Πάρκου**

Το Ορνιθολογικό - Περιβαλλοντικό Πάρκο Παμβώτιδας θα αποτελέσει έναν υποδειγματικό χώρο για την περιβαλλοντική ενημέρωση, ερμηνεία και εκπαίδευση σχετικά με τους υγροτόπους στην Ελλάδα, αλλά και χώρο αναψυχής, επιστημονικής έρευνας και προώθησης της τοπικής αγροτικής οικονομίας και των ιδιαίτερων παραδοσιακών αγροτικών προϊόντων της Ηπείρου. Στόχος είναι η περιοχή να καταστεί ευρέως γνωστή ως χώρος όπου ο επισκέπτης μπορεί να απολαμβάνει, να μαθαίνει και να εμπνέεται από την άγρια ζωή, αλλά και να αντιλαμβάνεται την θετική σχέση ανθρώπου - φύσης μέσα από τις ήπιες οικονομικές δραστηριότητες που λειτουργούν ακόμη και σε όφελος της βιοποικιλότητας.

Η διαχείριση των ενδιαιτημάτων της περιοχής θα έχει ως στόχο να δημιουργήσει έναν ελκυστικό για το κοινό και ταυτόχρονα λειτουργικό ημι-φυσικό υγρότοπο - καταφύγιο για μεγάλη ποικιλία πουλιών, τα οποία θα είναι εύκολα και άνετα παρατηρήσιμα από τους επισκέπτες του χώρου μέσω των σχετικών υποδομών παρατήρησης (παρατηρητήρια, κρυψώνες).

Τα είδη πουλιών προτεραιότητας της γειτονικής Ζώνης Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) της Παμβώτιδας, θα επιδιωχθεί να βρουν κατάλληλο βιότοπο στο Πάρκο για αναπαραγωγή, καταφύγιο και τροφοληψία, ενώ δεκάδες άλλα σημαντικά είδη θα μπορούν εδώ να σταθμεύουν στην μετανάστευση ή να ξεχειμωνιάζουν.

Το προτεινόμενο Πάρκο βρίσκεται δίπλα στη ΖΕΠ(Ζώνη Ειδικής Προστασίας) και ΤΚΣ(Τόπος Κοινοτικής Σημασίας) της λίμνης Παμβώτιδας, η οποία είναι σημαντική για τη μετανάστευση Κιρκινεζιών και για διαχειριζόμενες Κορμοράνους, και κοντά σε δύο άλλες σημαντικές περιοχές για τα πουλιά . Η λίμνη Παμβώτιδα υποστηρίζει επίσης τη Βαλτόπαπια και τη Λαγγόνα, και τα δύο είδη παγκόσμιου ενδιαφέροντος από άποψη διατήρησης, καθώς και ένα ευρύ φάσμα ειδών χαρακτηριστικών των υγροτόπων αλλά και των αγροτικών εκτάσεων της Ελλάδας. Επίσης η περιοχή φιλοξενεί ένα ασπόνδυλο που δεν βρίσκεται πουθενά αλλού στον κόσμο εκτός από τα Ιωάννινα, το ενδημικό ορθόπτερο *Corthippus lacustris*, βιότοπος του οποίου είναι τα υγρά λιβάδια της Παμβώτιδας.[4]

Η έκταση στην οποία προτείνεται να δημιουργηθεί το Πάρκο βρίσκεται στη νοτιοδυτική πλευρά της Παμβώτιδας(Εικ.1.2), 5 χλμ. περίπου από την πόλη των Ιωαννίνων. Ιδιοκτησιακά ανήκει η μισή περίπου στον Δήμο Παμβώτιδας (νότιο τμήμα της έκτασης) και έχει χρήση βοσκότοπου και η άλλη μισή στο ΕΘΙΑΓΕ ως αγρόκτημα της Γεωργικής

Σχολής. Η κύρια χρήση του χώρου είναι κτηνοτροφική.[8]

Η συνολική έκταση του χώρου ανέρχεται σε περίπου 2000 στρέμματα. Η έκταση ορίζεται προς τα βόρεια από τα σύνορα του αγροκτήματος του ΕΘΙΑΓΕ, προς τα δυτικά από την οδό Κατσικά - Ανατολής, προς τα ανατολικά εφάπτεται με τη λίμνη, ενώ προς τα νότια από αγροτικό δρόμο.



Εικ. 1.2. Πανοραμική άποψη εκτάσεων μελλοντικού Πάρκου[35]

Λαμβάνοντας υπόψη τη διεθνή και ελληνική εμπειρία, την κατάσταση του περιβάλλοντος στην ευρύτερη περιοχή μελέτης, και τις δεσμεύσεις που δημιουργεί η σημερινή χρήση του χώρου, ο προτεινόμενος σχεδιασμός καταλήγει στο παρακάτω γενικό μοντέλο:

Βασικός άξονας είναι ο σχεδιασμός ρεαλιστικών και λειτουργικών παρεμβάσεων, ομαλά ενταγμένων στο ευρύτερο φυσικό και κοινωνικο-οικονομικό περιβάλλον της περιοχής και ικανών να συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας ζωής της τοπικής κοινωνίας. Μέρος των παρεμβάσεων αυτών θα πρέπει να συνδέεται και με την οικονομική ζωή του τόπου, προσφέροντας ευκαιρίες απασχόλησης ή/ και συμπληρωματικού εισοδήματος σε μέλη της τοπικής κοινωνία[8]. Οι παρεμβάσεις στοχεύουν στη εγκατάσταση βιοτόπων που θα δημιουργήσουν ένα Περιβαλλοντικό Πάρκο το οποίο θα στηρίζει την τοπική βιοποικιλότητα και ταυτόχρονα θα μπορεί να δέχεται σχολεία και επισκέπτες, παρέχοντας δυνατότητες αναψυχής αλλά και περιβαλλοντικής ενημέρωσης και εκπαίδευσης.

Στο πλαίσιο αυτό προτείνεται η διατήρηση του μεγαλύτερου μέρους των γεωργικών και χορτολιβαδικών εκτάσεων του αγροκτήματος της Γεωργικής Σχολής(Εικ.1.3), για εφαρμογή εκτατικών γεωργικο-κτηνοτροφικών πρακτικών και υιοθέτηση ήπιων ή /και βιολογικών μεθόδων καλλιέργειας. Η προώθηση τέτοιου τύπου πρακτικών είναι απολύτως συμβατή με τους ευρύτερους στόχους της αποκατάστασης, αφού συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να εξασφαλίσει σημαντική ετήσια επιδότηση των καλλιεργειών μέσα από τα αγροπεριβαλλοντικά μέτρα [8].



Εικ. 1.3: Χορτολιβαδικές εκτάσεις του αγροκτήματος της Γεωργικής Σχολής

### **1.3. Επιθυμητή διαμόρφωση των βιοτόπων του Περιβαλλοντικού Πάρκου.**

Με βάση τις αρχές σχεδιασμού υγροτοπικών ενδιαιτημάτων και τους στόχους της παρέμβασης, προτείνεται να δημιουργηθεί μωσαϊκό βιοτόπων στο χώρο, που να συμπληρώνει -αλληλεπιδρά με τα υφιστάμενα ενδιαιτήματα της λίμνης αφενός και τους ανθρωπογενείς βιότοπους των παρακείμενων εκτατικών καλλιεργειών αφετέρου. Για το σκοπό αυτό θα πρέπει να αξιοποιηθεί στο έπακρο η παρουσία των βιοτόπων και λιβαδιών της Γεωργικής Σχολής, που αποτελούν υψηλής αξίας οικοσυστήματα για τη βιοποικιλότητα της περιοχής.



Εικ. 1.4. Βιότοποι και λιβάδια ιδιοκτησίας Γεωργικής Σχολής[4].

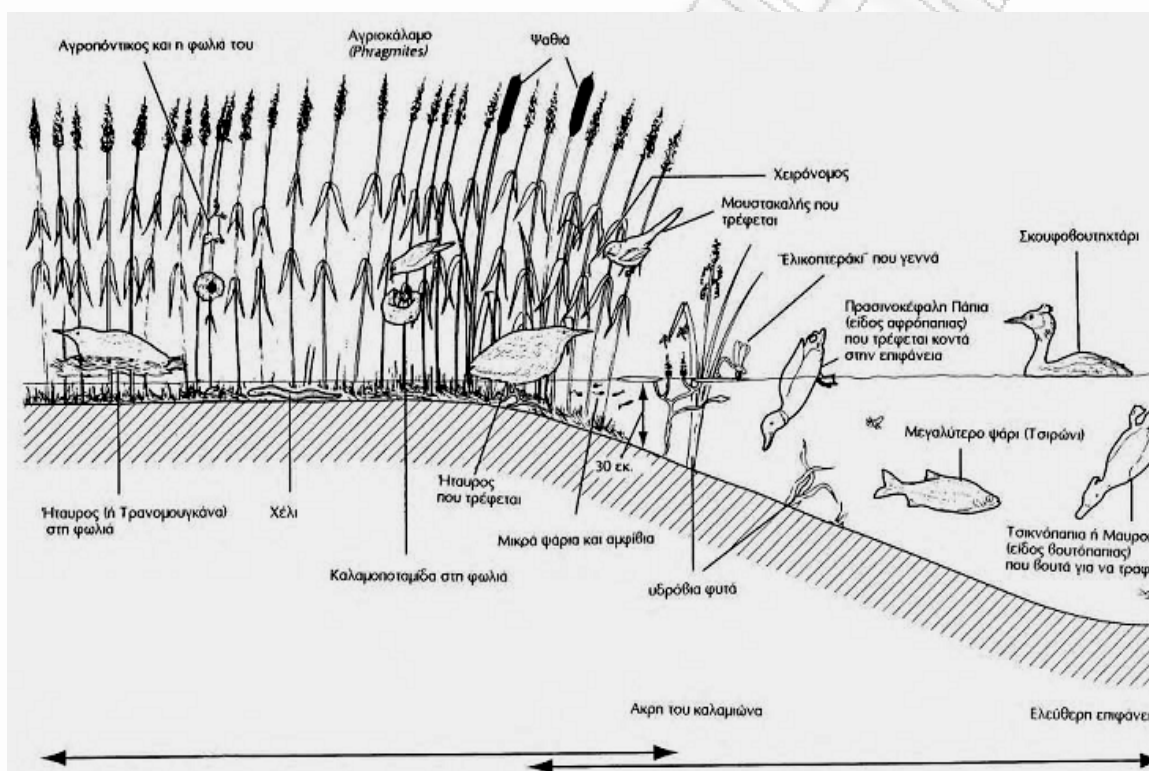
Επειδή στις σχεδιαζόμενες παρεμβάσεις δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην αποκατάσταση και δημιουργία ενδιαιτημάτων υγρών λιβαδιών και καλαμώνων, είναι σκόπιμο να παρατεθεί μια συνοπτική περιγραφή των χαρακτηριστικών των συγκεκριμένων βιοτόπων. Με τον όρο υγρά λιβάδια χαρακτηρίζονται οι εποχιακά κατακλυζόμενοι υγρότοποι των οποίων η βλάστηση αποτελείται από υπερυδατικά ποώδη φυτά, χαρακτηριστικό των οποίων είναι ότι η αυξητική τους περίοδος ταυτίζεται με την περίοδο κατάκλυσης. Κατά την περίοδο κατάκλυσης η οποία διαρκεί αρκετούς μήνες ετησίως, η στάθμη του νερού βρίσκεται λίγο επάνω (0-20 εκ.), ή περίπου στην επιφάνεια του εδάφους.

Τα υδρολογικά αυτά χαρακτηριστικά απαντώνται κυρίως στις ζώνες πλημμυρών ή στις εκβολές ποταμών, στις παρυφές λιμνών και σε παράκτιους υγρότοπους στη ζώνη μετάβασης από το θαλάσσιο προς το χερσαίο οικοσύστημα. Η υψηλή πρωτογενής παραγωγικότητα των υγρών λιβαδιών και η κατανομή τους στη μεταβατική ζώνη μεταξύ της υγρής φάσης και της χέρσου, τα καθιστούν ιδιαίτερα ευάλωτα στην ανθρώπινη επέμβαση, η οποία ασκείται σε αυτά είτε με τη μορφή εντατικής χρήσης (βόσκηση) είτε με τη μορφή άμεσης καταστροφής (αποστράγγιση και μετατροπή σε γεωργική γη ή εντατικό βοσκότοπο, έργα διευθέτησης ποταμών κλπ.) είτε με τη μορφή έμμεσης καταστροφής (επιτάχυνση της οικολογικής διαδοχής του υγροτόπου προς τη χέρσο λόγω ευτροφισμού ή υδρολογικής διαταραχής με αποτέλεσμα την αντικατάσταση των υγρών λιβαδιών από άλλες διαπλάσεις).

Για τους παραπάνω λόγους, οι αδιατάρακτες διαπλάσεις υγρών λιβαδιών αποτελούν σήμερα σπάνιο τύπο φυσικού υγροτόπου στο μεγαλύτερο μέρος της Ευρώπης. Τα υγρά λιβάδια θεωρούνται πολύτιμα ενδιαιτήματα για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας, αφού φιλοξενούν πολλά σπάνια είδη φυτών, ενώ αποτελούν κρίσιμο ενδίαίτημα για μεγάλο αριθμό σπάνιων ειδών ασπόνδυλων, ψαριών, αμφιβίων και πτηνών. Ιδιαίτερα στη λίμνη Παμβώτιδα, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η έκταση των υγρών λιβαδιών έχει περιοριστεί πάρα πολύ κατά τις τελευταίες δεκαετίες, κυρίως λόγω παλιότερων αποξηράνσεων, αλλά και της επέκτασης των καλαμώνων και της μείωσης των ζώων που βόσκουν στις παρυφές της λίμνης. Δεδομένης της σημασίας του ενδιαιτήματος για την ορνιθοπανίδα, αλλά και για το ενδημικό είδος ορθόπτερου *Corthippus lacustris* που απαντάται μόνο στην περιοχή των Ιωαννίνων, θεωρείται απαραίτητη η λήψη διαχειριστικών μέτρων για την αύξηση της διαθέσιμης έκτασης υγρολίβαδων. Και το προτεινόμενο Ορνιθολογικό Πάρκο μπορεί να προσθέσει περίπου 600 στρέμματα στην έκταση των υγρολίβαδων της Παμβώτιδας[4].

Πέρα από τα υγρά λιβάδια, σημαντική αξία για τη βιοποικιλότητα, ιδίως για την

ορνιθοπανίδα έχουν και οι καλάμινες. Σε αυτούς ή γύρω από αυτούς ζουν κάποια από τα σπανιότερα πτηνά της λίμνης, όπως η Βαλτόπατια, η Λαγγόνα και ο Ήταυρος. Αν και οι καλάμινες διατηρούν ικανή έκταση στην Παμβώτιδα, στερούνται χωρικής ετερογένειας και δομικής ποικιλότητας, χαρακτηριστικά απαραίτητα για τη στήριξη των απειλούμενων ειδών που προαναφέρθηκαν. Δεν έχουν δηλαδή εσωτερικές λίμνες, κανάλια που να τους διασχίζουν και γενικά μεγάλο μήκος παρυφών. Τα χαρακτηριστικά αυτά θα δημιουργηθούν στους καλάμινες του Περιβαλλοντικού Πάρκου, ώστε να αυξηθεί η χρήση τους από την ορνιθοπανίδα, προς όφελος των ίδιων των ειδών, αλλά και των επισκεπτών που θα μπορούν να τα παρατηρούν χωρίς να τα ενοχλούν[4].



Εικ. 1.5. Η αξία των καλάμινων για την άγρια ζωή (E.O.E.) [4]

Επομένως θα πρέπει:

A) να διατηρηθούν υφιστάμενα πολύτιμα ενδιαίτηματα όπως οι καλάμινες, οι λιβαδικές εκτάσεις, οι συστοιχίες δένδρων και οι φυτοφράκτες

B) να δημιουργηθούν ενδιαίτηματα μεγάλης αξίας για τη βιοποικιλότητα, που σήμερα βρίσκονται σε ανεπάρκεια στην περιοχή, όπως τα υγρά λιβάδια, οι εσωτερικές λίμνες και οι καλάμινες με δομική και χωρική ετερογένεια.

Οι βιότοποι αυτοί θα πρέπει να δημιουργηθούν ελαχιστοποιώντας τις αναγκαίες παρεμβάσεις σε ό,τι αφορά στην υδρολογία, στις χημειουργικές εργασίες και στις φυτεύσεις. Επομένως, θα πρέπει να αξιοποιηθεί το υφιστάμενο ανάγλυφο, οι υποδομές



μεταφοράς και ελέγχου νερού (κανάλια, υδατοφράκτες, οχετοί), καθώς και η σημερινή χωροδιάταξη των βιοτόπων της περιοχής[4].

#### **1.4 Δημιουργία ποικιλίας ενδαιτημάτων στο Πάρκο**

Σκοπός των προτεινόμενων παρεμβάσεων είναι η δημιουργία υγροτοπικών συνθηκών, οι οποίες θα παράσχουν τις προϋποθέσεις εγκατάστασης υδρόβιας και παρυδάτιας βλάστησης, και ταυτόχρονα η δημιουργία και διατήρηση κατάλληλων ενδαιτημάτων για την υγροτοπική πανίδα της ευρύτερης περιοχής. Στο στόχο αυτό προστίθεται η διασφάλιση της μέγιστης δυνατής περιβαλλοντικής ετερογένειας στο χώρο, με συνδυασμό χερσαίων φυσικών και ανθρωπογενών βιοτόπων με υγροτοπικούς, για μεγιστοποίηση της αξίας του Πάρκου για τη βιοποικιλότητα.

Το σύστημα που θα προκύψει με τον τρόπο αυτό θα είναι ημιφυσικό, δηλαδή θα υπάρχει ανθρώπινη διαχείριση, αλλά θα είναι σε θέση να αυτορρυθμίζεται και να διατηρεί τις εσωτερικές του λειτουργίες και διεργασίες[4].

Τα υπερυδατικά υδρόφυτα, όπως τα καλάμια, τα ψαθιά και τα βούρλα, είναι ριζωματικά είδη που αναπτύσσονται γρήγορα καλύπτοντας μεγάλες εκτάσεις. Δεν είναι όμως επιθυμητή η συνεχής επέκτασή τους καθώς μπορεί να ελαττώσει σε μεγάλο βαθμό την ετερογένεια του συστήματος. Επιθυμητή κρίνεται η κάλυψη κατά 25-50% των ρηχών νερών (40cm βάθος) από υπερυδατική βλάστηση. Οι παρυφές της βλάστησης είναι προτιμότερο να έχουν σχήμα ακανόνιστο, εξασφαλίζοντας έτσι ενδιαίτημα για πολλά είδη τα οποία τρέφονται κυρίως στη μεταβατική ζώνη μεταξύ της βλάστησης αυτής και του νερού.

Το βάθος του νερού είναι σημαντικός παράγοντας για την ανάπτυξη και επιβίωση ποικιλίας φυτικών ειδών και γι' αυτό παίζει σημαντικό ρόλο όταν επιλέγονται φυτά για εγκατάστασή τους σε έναν υγρότοπο. Ταυτόχρονα αποτελεί μέτρο ελέγχου της επέκτασης των διαφορετικών ειδών. Τα ψαθιά προτιμούν μονίμως κατακλυζόμενα εδάφη, όταν το βάθος του νερού δεν υπερβαίνει το 1m. Τα καλάμια αναπτύσσονται στις παρυφές των υδατοσυλλογών και όταν το νερό βρίσκεται από το έδαφος μέχρι 1,5m πάνω από αυτό. Τα βούρλα μπορεί να αντέξουν σε μεγάλες περιόδους κατάκλυσης και σε βάθος 5-25 cm.

Το υπόλοιπο των ρηχών εκτάσεων των υγροτόπων, πρέπει να καλύπτεται είτε από ποώδη βλάστηση (διαπλάσεις υγρών λιβαδιών με μονοετή ή πολυετή είδη υδροφύτων που αναπτύσσονται κατά την περίοδο κατάκλυσης), ακάλυπτες όχθες (αμμώδεις και

λασπώδεις) με κολπίσκους και χερσονήσους που εξασφαλίζουν οπτική απομόνωση από τον υπόλοιπο υγρότοπο, είτε από όχθες με παρόχθια δένδροθαμνώδη βλάστηση που αποτελεί πολύτιμο ενδιαίτημα για αρκετά είδη ασπόνδυλων και πουλιών.

Σε κάποια σημεία των υγροτόπων θα πρέπει να υπάρχουν απότομες κάθετες αμμώδεις όχθες που θα χρησιμοποιούνται από ασπόνδυλα, ενώ ιδιαίτερα σημαντική θεωρείται η κατασκευή νησίδων σε απόσταση 10 – 20m από την ακτή, καλυμμένων με ψηλή ποώδη βλάστηση, κατάλληλων για καταφύγιο αρκετών ειδών πτηνών. Οι κλίσεις του πυθμένα των υγροτόπων πρέπει να είναι ήπιες μεταξύ 1:20 και 1:50 έτσι ώστε να μεγιστοποιείται η έκταση των ρηχών νερών.

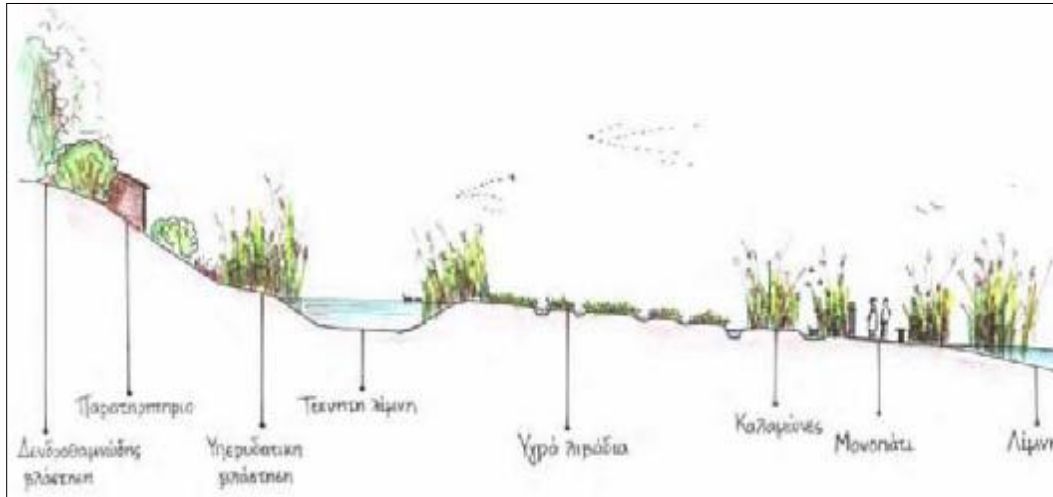
Η αυξομείωση της στάθμης πρέπει να προσιδιάζει προς τη φυσική υδροπερίοδο των οικοσυστημάτων αυτών, με διακυμάνσεις περίπου 0,30m από τη μέση στάθμη, με μέγιστη στάθμη στα μέσα του χειμώνα και στις αρχές της άνοιξης και ελάχιστη στάθμη από τα μέσα του καλοκαιριού έως τα μέσα του φθινοπώρου.

Τέλος ιδιαίτερα σημαντική για την στήριξη της βιοποικιλότητας είναι η διαμόρφωση των γειτονικών εκτάσεων οι οποίες πρέπει να παρέχουν καταφύγιο και τροφή σε είδη αμφιβίων και ασπόνδυλων που περνούν μέρος του βιολογικού τους κύκλου στους υγροτόπους και το υπόλοιπο σε χερσαία οικοσυστήματα (φρύνοι, βάτραχοι κ.λπ). Για τα είδη αυτά είναι απαραίτητη η εξασφάλιση φυσικών λιβαδικών εκτάσεων με διάσπαρτους θαμνώνες και δένδρωδη βλάστηση και η κατασκευή απομονωμένων περιφερειακών υδατοσυλλογών διαμέτρου 1-3m και βάθους έως 1,5m που θα εξυπηρετούν κατά τη φάση της αναπαραγωγής των αμφιβίων.

Συμπερασματικά, θεωρείται απαραίτητος ο σχεδιασμός με στόχο τη μεγιστοποίηση της ετερογένειας του συστήματος έτσι ώστε να επιτελείται στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό η λειτουργία της στήριξης των τροφικών αλυσίδων[4].

### **1.5. Προτεινόμενος σχεδιασμός Περιβαλλοντικού Πάρκου**

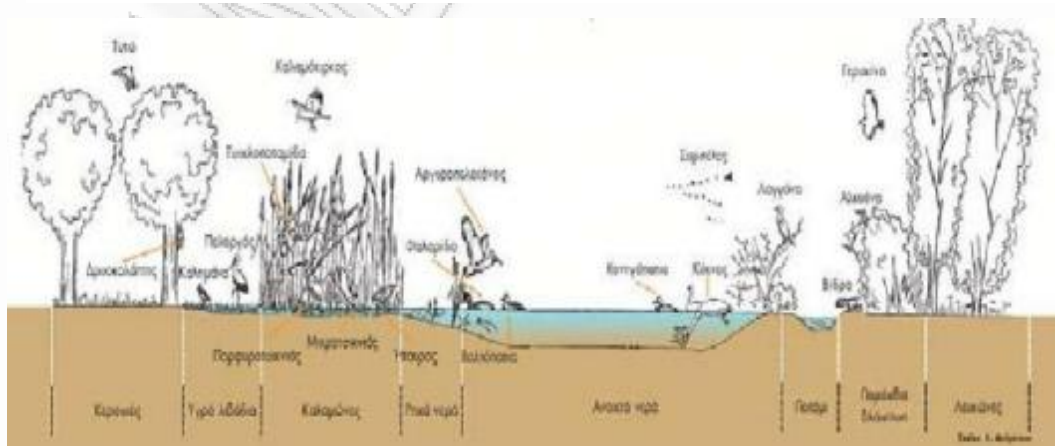
Με βάση τα παραπάνω, σύμφωνα με την ΕΟΕ, προτείνεται να δημιουργηθεί ποικιλία ενδιαιτημάτων, σε επάλληλες ζώνες, ξεκινώντας από την πλευρά της χέρσου (δηλ. από την περιοχή της ασφάλτινης Οδού Ανατολής - Κατσίκια) προς τη λίμνη, όπως φαίνεται και στην παρακάτω σχηματική απεικόνιση της τομής του χώρου από τη χέρσο προς τη λίμνη(Εικ.1.6).



Εικ. 1.6. Σχηματική τομή Πάρκου (Ε.Ο.Ε.) [4]

Στο Σχέδιο των Προτεινόμενων Παρεμβάσεων προτείνονται να δημιουργηθούν [4] :

- ▽ Χορτολιβαδικές εκτάσεις, καθώς και αγροί όπου θα καλλιεργούνται εκτατικά δημητριακά και ψυχανθή για ζωτροφές, ενώ μέρος τους θα βρίσκεται σε κατάσταση αγρανάπαυσης. Θα διατηρηθούν οι υφιστάμενοι αγροί και φυτοφράκτες, θα γίνει ενίσχυση φυτοφρακτών κατά θέσεις και θα καταρτισθεί μελέτη βοσκοϊκανότητας για την περιοχή. Συστάδες δέντρων θα διατηρηθούν και θα ενισχυθούν κατά μήκος των βασικών οδών πρόσβασης, των χωματόδρομων και των καναλιών που διατρέχουν την περιοχή. Οι υφιστάμενες συστάδες θα εμπλουτισθούν με τεχνητές φωλιές πουλιών για αύξηση της φέρουσας ικανότητας τους ως χώρων φωλεοποίησης πτηνών. Η περιοχή με τις χορτολιβαδικές, τις αγροτικές εκτάσεις και τους φυτοφράκτες, θα καταλαμβάνει περίπου τη μισή έκταση του αγροκτήματος της Γεωργικής Σχολής (το ανάντη τμήμα) και θα έχει έκταση περίπου 450 στρέμματα.



Εικ. 1.7. Σχηματική απεικόνιση παρεμβάσεων (Ε.Ο.Ε.)

Εντός των αγροτικών αυτών εκτάσεων θα χωροθετηθούν πειραματικές επιφάνειες για την βελτίωση του ενδιαιτήματος των απειλούμενων ειδών, όπως με τη δημιουργία ακαλλιέργητων λωρίδων 1-2m στις παρυφές των αγρών, τις εσωτερικές ασυγκόμιστες επιφάνειες, την ενεργή διαχείριση των φυτοφραχτών, τις φυτεύσεις και τους εμπλουτισμούς με φρουτοφόρους θάμνους και δέντρα για την παροχή χειμερινής τροφής, τη σπορά λιβαδικών φυτών και τη διατήρηση συγκεκριμένου ύψους καλαμιάς κατά τον θέρο για την απόκρυψη των στρουθιόμορφων ειδών και ειδών της μικροπανίδας του εδάφους.

- ✓ Θα δημιουργηθούν υδατοσυλλογές και συστήματα ελέγχου της στάθμης του νερού, με εκσκαφές και άλλες ήπιες διαμορφώσεις. Οι συγκεκριμένες θα εξυπηρετούν ως χώροι ελεύθερων επιφανειών νερού για τη βιοποικιλότητα, ως θέσεις εύκολης παρατήρησής της από το κοινό, αλλά και ως ζωντανά εργαστήρια περιβαλλοντικής εκπαίδευσης. Η πλήρωσή τους με νερό μπορεί να γίνει εκτός από τα όμβρια ύδατα και με απευθείας σύνδεση τους με τα δύο κυριότερα κανάλια που διατρέχουν την περιοχή του Πάρκου και να λειτουργούν, μετά από ειδική διαμόρφωση, ως φίλτρα φυσικού καθαρισμού του οργανικού φορτίου του νερού, δεδομένου ότι έχει προηγηθεί χημικός καθαρισμός και επεξεργασία για την εξασφάλιση της καθαρότητας τους από τοξικές ουσίες και ρύπους. Ταυτόχρονα, θα αποτελούν χώρους αποθήκευσης νερού για το εποχιακό πλημμύρισμα των κατάντη ενδιαιτημάτων. Η έκταση των υδατοσυλλογών θα φτάνει τα 180 στρέμματα. Θα βρίσκονται μέσα σε συνολική λιβαδική έκταση 560 στρεμμάτων και θα έχουν μέσο βάθος 1m, επομένως θα μπορούν να αποθηκεύουν περίπου  $180.000\text{m}^3$  νερό, το οποίο με ελεγχόμενο τρόπο και φυσική ροή να μπορεί να εμπλουτίζει τα κατάντη ενδιαιτήματα, όταν αυτό απαιτείται. Η σύνδεση των υδατοσυλλογών με τα κατάντη θα γίνεται μέσω καναλιών και υδατορευμάτων που θα δημιουργηθούν για το σκοπό αυτό και θα εξοπλιστούν με μηχανισμούς ελέγχου της κίνησης του νερού.
- ✓ Το χώμα που θα προκύψει από τα δημιουργία των υδατοσυλλογών ( $180.000\text{m}^3$ ) μαζί με εκείνο που θα προκύψει από την εκβάθυνση στα κατάντη για βελτίωση του ενδιαιτήματος των καλαμώνων που εκτιμάται σε άλλες  $85.000\text{m}^3$  θα χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία μικρών λοφίσκων ανάντη των υδατοσυλλογών, ώστε να αυξηθεί η ετερογένεια των ενδιαιτημάτων του Πάρκου και να δημιουργηθούν κατάλληλες συνθήκες για φυτεύσεις δενδροθαμνώδους βλάστησης αλλά και για την εγκατάσταση παρατηρητηρίων. Μια αρχική εκτίμηση είναι ότι θα δημιουργηθεί ανάντη των υδατοσυλλογών, λοφίσκος ύψους 10m,

πλάτους 90m και μήκους περίπου 400m, παράλληλα με την ακτογραμμή της λίμνης.

- ✓ Θα δημιουργηθούν νέα και θα διατηρηθούν τα υφιστάμενα ενδαιτήματα των υγρών λιβαδιών, από τις πλέον πολύτιμες για τη βιοποικιλότητα της περιοχής φυτικές διαπλάσεις, που σήμερα τελούν σε ανεπάρκεια λόγω σειράς ανθρωπογενών παρεμβάσεων. Θα εφαρμοσθεί κατάλληλη υδροπερίοδος και εποχιακή κατάκλυση, καθώς και συγκεκριμένο σχέδιο βόσκησης, με στόχο την βελτιστοποίηση των συνθηκών ενδαιτήματος για είδη όπως το ενδημικό ορθόπτερο, οι ερωδιοί, οι χαλκόκοτες, οι λαγγόνες και τα παρυδάτια πτηνά. Ταυτόχρονα θα σχεδιασθούν παρατηρητήρια και περιβαλλοντικές διαδρομές για παρατήρηση της άγριας ζωής με τρόπο που θα ελαχιστοποιεί την όχληση. Η ζώνη των υγρολίβαδων θα εξαπλώνεται παράλληλα με την ακτογραμμή της λίμνης και θα καταλαμβάνει συνολική έκταση περίπου 600 στρεμμάτων.
- ✓ Στην χαμηλότερη προς την πλευρά της λίμνης ζώνη, δηλαδή στα τεμάχια γης που εφάπτονται στο υφιστάμενο ανάχωμα, θα πραγματοποιηθούν κατάλληλες εκβαθύνσεις ώστε να δημιουργηθούν οι προϋποθέσεις ανάπτυξης και επέκτασης του καλαμώννα. Θα διαμορφωθεί το ανάγλυφο έτσι ώστε να μεγιστοποιηθεί η διαβάθμιση βαθών και επομένως η ποικιλία του καλαμώννα. Θα ληφθεί πρόνοια για τη δημιουργία δαντελωτών παρυφών και εσωτερικών λιμνών στον καλαμώννα, ώστε να βελτιωθούν οι συνθήκες ενδαιτήματος για σπάνια είδη όπως ο ήταυρος, η βαλτόπαπια και η λαγγόνα. Θα αξιοποιηθεί η παρουσία του υπερυψωμένου αναχώματος για την δημιουργία παρατηρητηρίων, τοιχίων θέασης και εποπτικών διαδρομών. Η έκταση του καλαμώννα εντός του Πάρκου θα φτάνει τα 170 στρέμματα, στα οποία θα πρέπει να γίνει εκβάθυνση κατά μέσο όρο 0,5m, θα απαιτηθεί δηλαδή να απομακρυνθούν περίπου 85.000m<sup>3</sup> χώματος.

Οι παραπάνω ζώνες θα πρέπει να συνδεθούν υδρολογικά, με τη χρήση υφιστάμενων καναλιών ή με τη δημιουργία νέων καναλιών και υδατορρευμάτων[4].

## 2. Τεχνητοί υγρότοποι

### 2.1. Γενικά

Τα φυσικά συστήματα διαχείρισης υγρών αποβλήτων αποτελούν ένα σύγχρονο και καθιερωμένο πλέον τρόπο αντιμετώπισης των αποβλήτων που προκύπτουν από οικιακή, αγροτική και βιομηχανική χρήση νερού. Πρόκειται για μια πετυχημένη μεταφορά των μεθόδων που η φύση ανέκαθεν χρησιμοποιούσε, στο πεδίο των προβλημάτων που δημιουργεί ο άνθρωπος. Τα βασικά χαρακτηριστικά των φυσικών συστημάτων μετά οποία και διαφοροποιούνται από τα μηχανικά είναι[7]:

- Απλότητα σχεδιασμού, κατασκευής και λειτουργίας
- Χαμηλή έως μηδενική κατανάλωση ενέργειας
- Απουσία θορύβου, χαμηλό κόστος συντήρησης
- Αισθητική αναβάθμιση του τοπίου

Όλες σχεδόν οι μέθοδοι επεξεργασίας αποβλήτων που έχει αναπτύξει ο άνθρωπος στηρίζονται σε φυσικές διεργασίες (καθίζηση, διήθηση, βιολογική αποδόμηση κ.λ.π.). Στα μηχανικά συστήματα επεξεργασίας (τους μηχανικούς Βιολογικούς Καθαρισμούς) οι φυσικές αυτές διεργασίες υποστηρίζονται από μηχανήματα που λειτουργούν συνήθως με ηλεκτρικό ρεύμα. Στα φυσικά συστήματα απεναντίας όλες οι διεργασίες του καθαρισμού των αποβλήτων γίνονται μέσα σε "κατασκευασμένα οικοσυστήματα" ή σε τμήματα των συστημάτων αυτών.

Ως σύγχρονα φυσικά συστήματα επεξεργασίας αποβλήτων θεωρούνται οι λιμνοδεξαμενές χωρίς βλάστηση (lagoons), οι ρηχές λεκάνες με επιπλέοντα ή βυθιζόμενα υδρόβια φυτά και οι τεχνητοί υγρότοποι ή καλαμώνες όπως συνήθως αποκαλούνται.

### 2.2. Τεχνητοί υγρότοποι επιφανειακής και υποεπιφανειακής ροής (*Free water surface and subsurface flow constructed wetlands*)

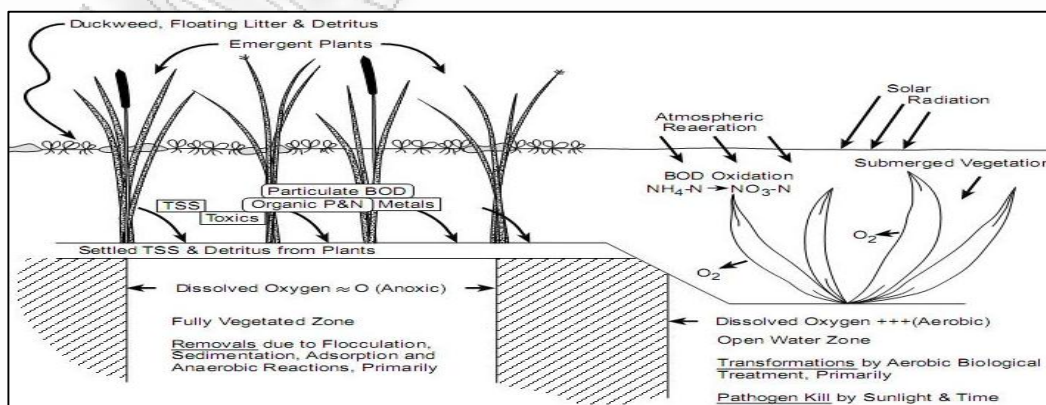
Οι τεχνητοί υγρότοποι αποτελούν μια σχετικά νέα τεχνολογία επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, που βασίζεται στη χρησιμοποίηση φυτών που αναφύονται όπως νεροκάλαμα, βούρλα και ψαθί. Σε τέτοια συστήματα η εφαρμογή αποβλήτου

λαμβάνει χώρα πάνω ή κάτω από την επιφάνεια του εδάφους [28]. Η δημιουργία και η απόδοση των υγροβιότοπων πρέπει να πραγματοποιείται μέσω οικολογικά υγιών τρόπων. Η δημιουργία υγροβιότοπου αναφέρεται στην κατασκευή του σε μια περιοχή όπου δεν υπήρχε υγροβιότοπος προηγουμένως. Οι τεχνητοί υγρότοποι δεν έχουν υπολογισθεί με ακρίβεια στις ΗΠΑ, αλλά πιθανότατα είναι χιλιάδες.

Οι υγρότοποι θεωρούνται χαμηλού κόστους εναλλακτικές λύσεις για την επεξεργασία δημοτικών, βιομηχανικών και αγροτικών υγρών αποβλήτων. Οι τεχνητοί υγρότοποι προτιμώνται επειδή έχουν περισσότερα μηχανικά συστήματα και είναι ευκολότερο να ελεγχθούν [24]. Αυτή η νέα αναπτυσσόμενη τεχνολογία μπορεί να παρέχει χαμηλό κόστος και μικρές απαιτήσεις συντήρησης στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων, χαρακτηριστικά που είναι ιδιαίτερα χρήσιμα ειδικά στις αναπτυσσόμενες χώρες[23].

Η κατασκευή ενός υγροβιότοπου σε μια περιοχή επιτρέπει την αποφυγή ρυθμίσεων και περιβαλλοντικών εμπλοκών που συνδέονται με τη διάθεση εκροών σε φυσικά οικοσυστήματα (όπως θεωρούνται οι φυσικοί υγρότοποι) και επιτρέπουν το σχεδιασμό του υγροβιότοπου με σκοπό αποκλειστικά τη βέλτιστη επεξεργασία των ρυπασμένων υδάτων. Τυπικά, ένας τεχνητός υγροβιότοπος αποδίδει περισσότερο σε σχέση με ένα φυσικό ίσης έκτασης, εφόσον το έδαφος έχει προσεκτικά ισοπεδωθεί και στο υδραυλικό καθεστώς του συστήματος πραγματοποιείται σωστός έλεγχος. Η αξιοπιστία ενός τεχνητού υγροβιότοπου αυξάνεται εφόσον η βλάστηση και τα άλλα μέρη του συστήματος μπορούν να υποστούν την απαραίτητη διαχείριση, ώστε η απόδοση του να βελτιστοποιηθεί [20].

Οι τεχνητοί υγρότοποι όπως όλα τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας βασίζονται (σε μικρό ή μεγάλο βαθμό) στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, περιλαμβάνοντας την ηλιακή ακτινοβολία, την κινητική ενέργεια του ανέμου, την ενέργεια του νερού της βροχής, το επιφανειακό νερό, το έδαφος και την αποθήκευση ενδεχόμενης ενέργειας σε βιομάζα και στα εδάφη(Εικ.2.1)[5].



Εικ.2.1.Διεργασίες που πραγματοποιούνται σε τεχνητό υγρότοπο.

Οι τεχνητοί υγρότοποι σήμερα χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία αστικών αποβλήτων, αποστραγγίσεων ορυχείων, αστικών απορροών, κτηνοτροφικών αποβλήτων, σηπτικών δεξαμενών που έχουν αστοχήσει, αγροτικών απορροών και διαφόρων βιομηχανικών αποβλήτων. Τέτοια συστήματα επεξεργασίας εντοπίζονται σε περιοχές που βρίσκονται στο επίπεδο της θάλασσας έως περιοχές υψομέτρου 1500 μέτρων και από τροπικές έως η μι αρκτικές περιοχές, όπως στο Οντάριο των ΗΠΑ και σε σκανδιναβικές χώρες. Αφού η λειτουργία τους βασίζεται σε χημικές και βιολογικές διαδικασίες, η αποτελεσματικότητα απομάκρυνσης ρύπων μειώνεται σε κάποιο βαθμό κατά τη διάρκεια χαμηλών θερμοκρασιών, αλλά τα επίπεδα εκροής παραμένουν ικανοποιητικά κάτω από επιτρεπτά όρια [23].

Για την επεξεργασία ρυπασμένων υδάτων έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιηθεί δύο τύποι τεχνητών υδροβιότοπων:

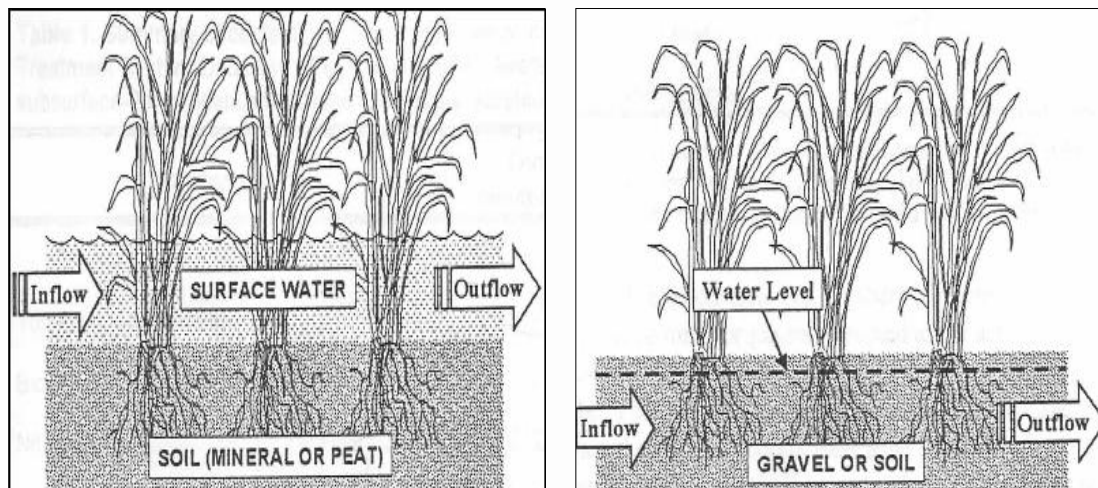
α) Τεχνητοί υγρότοποι ελεύθερης επιφάνειας ή επιφανειακής ροής (free water surface wetland- FWS) (Εικ. 2.2) και

β) Τεχνητοί υγρότοποι υποεπιφανειακής (ή υπόγειας) ροής (subsurface flow wetland- SFS) (Εικ.2.2).

Τα συστήματα επιφανειακής ροής αποτελούνται, συνήθως, από παράλληλες λεκάνες, κανάλια ή τάφρους με αδιαπέρατους πυθμένες, με αναφυόμενη φυτική βλάστηση και μικρό βάθος νερού (0,1 ως 0,6 m). Σε τέτοια συστήματα εφαρμόζονται συνεχώς προεπεξεργασμένα υγρά απόβλητα και η περαιτέρω επεξεργασία τους διενεργείται, καθώς η εφαρμοζόμενη παροχή ρέει με μικρή ταχύτητα δια μέσου των στελεχών των ριζωμάτων της υφιστάμενης φυτικής βλάστησης και του υφιστάμενου υποστρώματος. Επίσης, τα συστήματα αυτά είναι δυνατόν να σχεδιάζονται με σκοπό την ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης για την αποδοχή υδροβιότοπων ή ενίσχυση υπάρχοντων φυσικών υδροβιότοπων. Σε τέτοιες περιπτώσεις, αναπτύσσεται ένας συνδυασμός υδατικών επιφανειών, με βλάστηση και ανοικτών μικρών νησίδων με την κατάλληλη βλάστηση και ενίσχυση της ροής του νερού [1].

Με ανάλογο τρόπο, τα συστήματα υποεπιφανειακής ροής σχεδιάζονται με σκοπό την επίτευξη δευτεροβάθμιας ή προωθημένης επεξεργασίας. Αυτά τα συστήματα καλούνται επίσης συστήματα «ριζόσφαιρας» ή «φίλτρων εδάφους-καλαμιών» και αναπτύσσονται μέσα σε κανάλια ή τάφρους με σχετικά στεγανούς πυθμένες που περιέχουν άμμο ή άλλα γήινα μέσα υποστήριξης της αναπτυσσόμενης (επιφανειακά) φυτικής βλάστησης [1].





Εικ.2.2: Σχηματική απεικόνιση τεχνητού υγρότοπου επιφανειακής και υπόγειας ροής αντίστοιχα

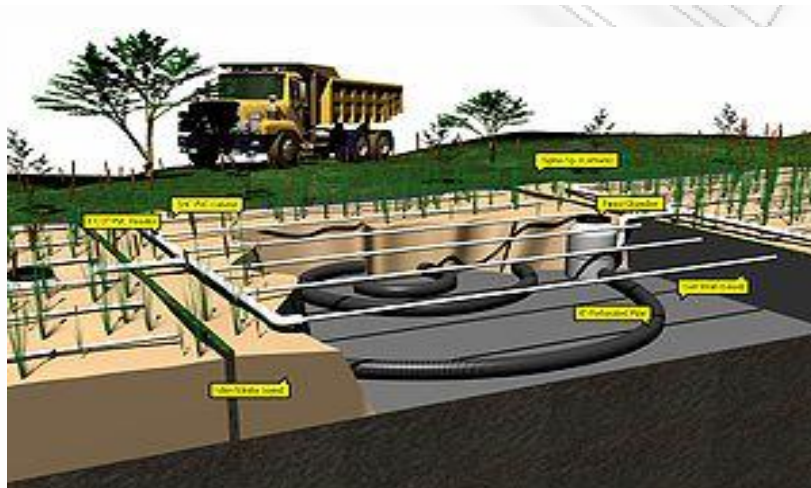


Εικ.2.3: Τεχνητός υγρότοπος επιφανειακής ροής

### 2.2.1. Τεχνητοί υγρότοποι κατακόρυφης υποεπιφανειακής ροής (Vertical flow subsurface constructed wetlands)

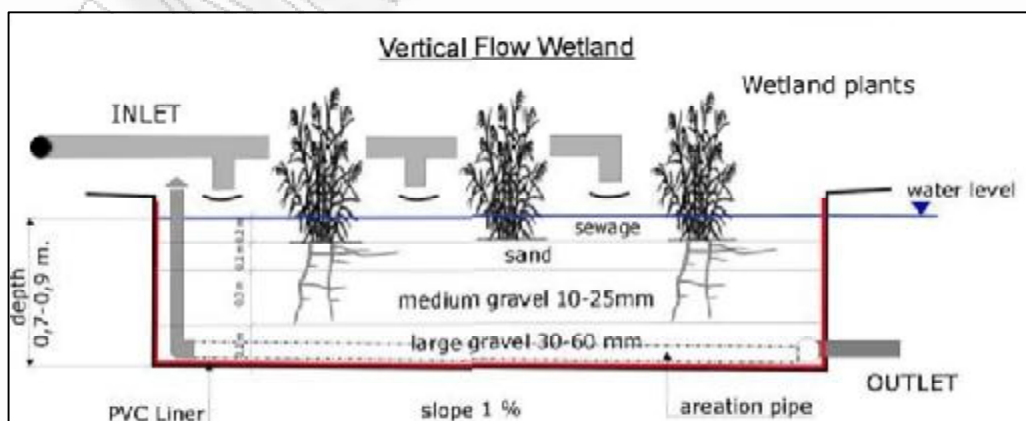
Τα συστήματα αυτά χαρακτηρίζονται από την κατακόρυφη ροή των προς επεξεργασία λυμάτων μέσα από τις εδαφικές στρώσεις των λεκανών τους. Η λειτουργία τους προσομοιάζει αρκετά με το περιοδικό πότισμα μιας γλάστρας στην οποία το νερό αρχικά πλημμυρίζει τη λεκάνη και εν συνεχεία αφήνεται να στραγγίσει [7]. Οι λεκάνες στα συστήματα αυτά κατασκευάζονται με ένα βάθος περίπου 0,90 έως 1,20 m, με μια μέση κλίση πυθμένα περίπου 1 %. Ο πυθμένας και τα πρανή τους καλύπτονται από

γεωμεμβράνη ή κατασκευάζονται από σκυρόδεμα(Εικ.2.4). Στη συνέχεια, γίνεται πλήρωση των λεκανών με αδρανή υλικά συνολικού βάθους μέχρι ενός μέτρου, μειούμενης κοκκομετρίας από τον πυθμένα προς την επιφάνεια. Το επιφανειακό στρώμα της λεκάνης, βάθους 10 έως 30 cm, καλύπτεται με άμμο, μέσα στην οποία φυτεύονται και αναπτύσσονται είδη καλαμιών. Για τη λειτουργία αυτού του συστήματος οι λεκάνες κατακλύζονται περιοδικά με μεγάλες παροχές λυμάτων και η ροή γίνεται κατά την κατακόρυφη διεύθυνση. Τα πλεονεκτήματα αυτού του είδους τεχνητού υγροβιότοπου έναντι των υπολοίπων είναι η απαίτηση μικρότερης έκτασης για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων και η διατήρηση αερόβιων συνθηκών επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, εξαιτίας της περιοδικής ανάπαυσης και ως εκ τούτου και περιοδικής ξήρανσης κάθε λεκάνης.



Εικ.2.4: Τεχνητός υγρότοπος κατακόρυφης υποεπιφανειακής ροής[42]

Αυτό το πλεονέκτημα των υγροβιότοπων με περιοδική κατάκλυση (Εικ.2.5) αποδίδεται, κυρίως, στις συνθήκες ακόρεστης ροής και επιπρόσθετα στο μεγαλύτερο πάχος της εδαφικής στρώσης των λεκανών, με το οποίο επιτυγχάνεται ένα επιπρόσθετο φιλτράρισμα των υγρών αποβλήτων [7].



Εικ.2.5: Σχηματική τομή υγρότοπου κατακόρυφης υπόγειας ροής

## 2.2.2. Τεχνητοί υγρότοποι οριζόντιας υποεπιφανειακής ροής

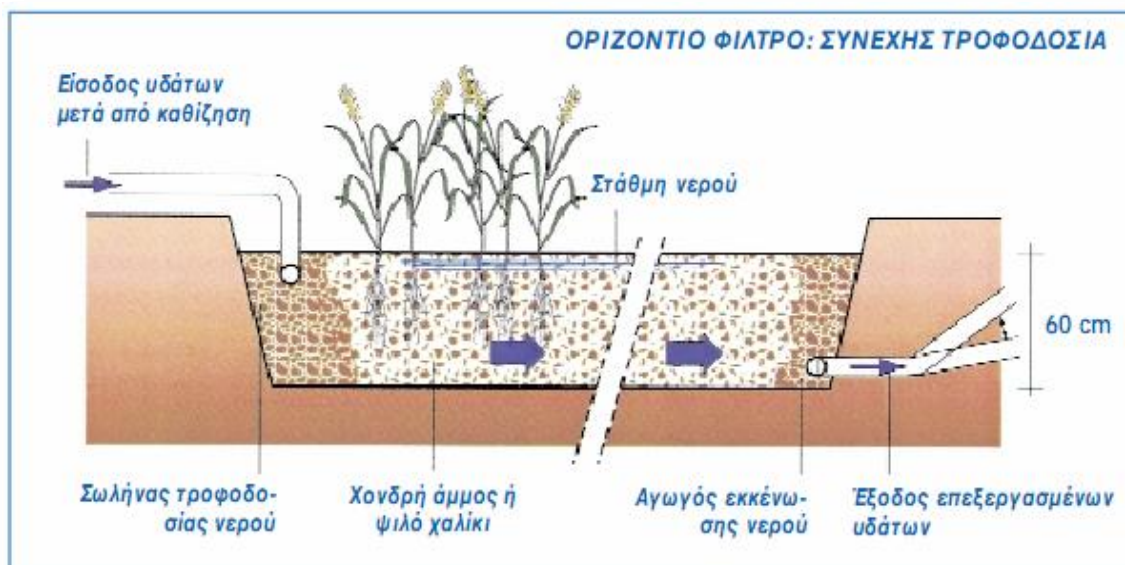
Στους τεχνητούς υγρότοπους οριζόντιας υποεπιφανειακής ροής (ή φίλτρα οριζόντιας ροής) η δεξαμενή φιλτραρίσματος είναι σχεδόν υπερπληρωμένη με νερό. Η τροφοδοσία των λυμάτων πραγματοποιείται σε όλο το πλάτος και το ύψος του φίλτρου από ένα σύστημα διανομής που βρίσκεται τοποθετημένο στο ένα άκρο του φίλτρου. Τον περισσότερο χρόνο, η τροφοδοσία είναι συνεχής καθώς το παρεχόμενο οργανικό φορτίο είναι χαμηλό[12].

Η απομάκρυνση του επεξεργασμένου υγρού πραγματοποιείται από έναν αποχετευτικό σωλήνα που είναι τοποθετημένος στο αντίθετο άκρο (από αυτό που γίνεται η τροφοδοσία) στον πυθμένα της κλίνης και είναι θαμμένος μέσα σε ένα χαντάκι με πτέρες διήθησης(Εικ.2.6).



Εικ.2.6: Δίκτυο σωληνώσεων σε κλίνες οριζόντιας ροής

Αυτός ο σωλήνας είναι συνδεδεμένος με ένα σιφόνι που επιτρέπει τη ρύθμιση του ύψους υπερχείλισης, και επομένως και τη ρύθμιση του νερού μέσα στην κλίνη, έτσι ώστε να υπάρχει υπερπλήρωση κατά την περίοδο της τροφοδοσίας. Το επίπεδο του νερού πρέπει να διατηρείται περίπου στα 5 cm κάτω από την επιφάνεια του υλικού(Εικ.2.7). Το νερό δεν πρέπει να κυκλοφορεί πάνω από αυτή τη στάθμη για να μην βραχυκυκλωθεί η γραμμή επεξεργασίας. Δεν υπάρχει επομένως ελεύθερο νερό και κατά συνέπεια δεν υπάρχει κίνδυνος ανάπτυξης εντόμων.



Εικ.2.7: Εγκάρσια τομή φυτεμένου φίλτρου σε οριζόντια ροή [12]

Όσον αφορά την κατασκευή τους, για διαστάσεις μεγαλύτερες των 500 m<sup>2</sup>, ο διαμερισμός σε διάφορες μονάδες μικρότερου μεγέθους διευκολύνει τη συντήρηση και βελτιώνει τον υδραυλικό διαχωρισμό[12].

Η κλίση στον πυθμένα της κλίνης πρέπει να επιτρέπει την πλήρη εκκένωση του φίλτρου. Η κλίση δεν θα πρέπει όμως να προκαλεί την ξήρανση των ριζών στο επίπεδο της εξόδου. Μία διαφοροποίηση του βάρους της κλίνης ίση με το 10% του ύψους του υλικού στην είσοδο είναι αρκετή [24].

Αρχικά, η τεχνική είχε αναπτυχθεί χρησιμοποιώντας το υπάρχον έδαφος, επιχειρώντας μακροπρόθεσμα να επιτευχθεί μία υδραυλική αγωγιμότητα των 3·10<sup>-3</sup>m/s. Μεγάλος αριθμός φίλτρων κατασκευάστηκε με βάση την υπόθεση ότι η υδραυλική αγωγιμότητα θα αυξανόταν μαζί με την ανάπτυξη των ριζών.

Ύστερα από αρκετές δυσάρεστες εμπειρίες, συνιστάται στο εξής η χρήση πλυμένου χαλικιού διαφορετικής κοκκομετρίας ανάλογα με την ποιότητα των εισερχομένων υδάτων (3-6, 5-10,6-12 mm)[29].

Σχετικά με τα φυτά η πιο συνήθης χρησιμοποιούμενη ποικιλία είναι το βούρλο *Phragmites Australis* λόγω της ταχύτητας ανάπτυξης του, της ανάπτυξης των ριζών και της ανθεκτικότητας του στις συνθήκες υπερπλήρωσης του εδάφους με νερό. Η φύτευση μπορεί να γίνει με τη βοήθεια κόκκων, νεαρών βλασταριών ή ριζωμάτων με μία πυκνότητα της τάξης των 4 ανά m<sup>2</sup>.

Οι περιορισμοί για την κατασκευή μιας τέτοιας μονάδας είναι οι εξής[12]:

- Απαιτείται μεγάλη επιφάνεια εδάφους

- Μία διαφορά στάθμης μερικών μέτρων μερικών μέτρων μεταξύ του σημείου τροφοδοσίας της μελλοντικής μονάδας και του κατάντι μέρους επιτρέπει την τροφοδοσία των φίλτρων λόγω βαρύτητας. Η απαιτούμενη διαφορά στάθμης δεν είναι ιδιαίτερα σημαντική λόγω της οριζόντιας ροής.
- Χαρακτηριστικά του εδάφους στον πυθμένα του φίλτρου: αν το έδαφος είναι αργιλώδες, η φυσική στεγανότητα μπορεί να επιτευχθεί με απλή συμπίεση του εδάφους (απαιτούμενη αγωγιμότητα  $1 \cdot 10^{-8} \text{ s}$ ). Σε αντίθετη περίπτωση, η τοποθέτηση γεωμεμβράνης είναι απαραίτητη.

Η συντήρηση αυτών των συστημάτων δεν χρειάζεται ιδιαίτερη εξειδίκευση, αλλά υποχρεώνει τον επιχειρηματία σε συχνούς και τακτικούς ελέγχους(πιν.2.1).

Εργασία	Συχνότητα	Παρατηρήσεις
Συντήρηση των έργων προεπεξεργασίας	1/εβδομάδα	Ο στόχος είναι να εξασφαλισθεί η καλή λειτουργία τους και ότι δεν απορρίπτουν πολύ MES που θα μπορούσε να προκαλέσει εμπλοκή.
Προσαρμογή της στάθμης εξόδου	1/εβδομάδα	Η τακτική προσαρμογή της στάθμης εξόδου του νερού, επιτρέπει την αποφυγή των εκροών επιφάνειας. Για μεγάλες μονάδες (> 500 m <sup>3</sup> /d), η εξακρίβωση του επιπέδου εξόδου μπορεί να απαιτείται σε καθημερινή βάση.  Η υδραυλική αυτού του είδους είναι ένα σημείο κλειδί. Πρέπει να εξασφαλιστεί η σωστή τροφοδοσία. Ο καθαρισμός των οργάνων τροφοδοσίας πρέπει να έχει προβλεφθεί κατά το σχεδιασμό.
Βλάστηση  Ξεχορτάρισμα  Θερίσμα	1 <sup>ος</sup> χρόνος  δεν χρειάζεται	Κατά τον πρώτο χρόνο (αν όχι τον δεύτερο) είναι χρήσιμο να ξεχορταριστούν με το χέρι τα αυτοφυή για να μην εμποδίζουν την ανάπτυξη των βούρλων[24]. Όταν εξασφαλιστεί η επικράτηση των βούρλων, αυτή η ενέργεια δεν θα χρειάζεται πλέον.  Η έλλειψη επιφανειακής απορροής επιτρέπει την αποφυγή του θερίσματος. Τα νεκρά φυτά δεν εμποδίζουν την υδραυλική των φίλτρων και επιπλέον επιτρέπουν τη θερμική μόνωση του φίλτρου.
Άλλες εργασίες συντήρησης	Σε κάθε επίσκεψη	Να διατηρείται ένα τεύχος συντήρησης όπου σημειώνονται όλες οι πραγματοποιηθείσες ενέργειες και οι μετρήσεις παροχής (κανάλι μέτρησης ροής, χρόνος λειτουργίας αντλιών). Αυτό επιτρέπει την αξιολόγηση της λειτουργίας του συστήματος.

Πιν.2.1: Εργασίες για τη σωστή λειτουργία φυτεμένων φίλτρων με οριζόντια ροή[12]

### **2.3. Είδη βλάστησης που χρησιμοποιούνται σε τεχνητούς υγρότοπους.**

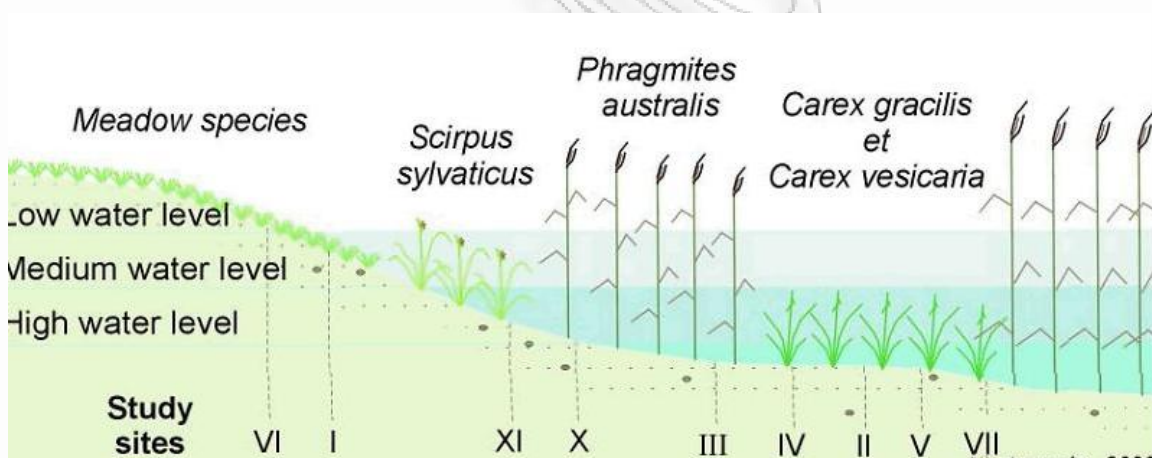
Στους τεχνητούς υγροβιότοπους επεξεργασίας ρυπασμένων υδάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια αρκετά μεγάλη ποικιλία φυτών. Η επιλογή τους εξαρτάται από μια σειρά χαρακτηριστικών των φυτών καθώς επίσης κι από τα χαρακτηριστικά του υγροβιότοπου. Σύνηθες είναι τα φυτά που επιλέγονται να αποτελούν χαρακτηριστικά δείγματα της τοπικής χλωρίδας. Αυτό συμβαίνει τόσο για οικονομικό όφελος, όσο και λόγω της ασφάλειας που προσδίδει αυτή η επιλογή. Η ασφάλεια αυτή οφείλεται στο ότι ένα ιθαγενές είδος μπορεί να εγκαθιδρυθεί ευκολότερα και με μεγαλύτερο ποσοστό επιτυχίας σε σχέση με κάποιο που μεταφέρεται από μια άλλη περιοχή. Επίσης, η εισαγωγή νέου φυτικού είδους στην περιοχή ενέχει και άλλους κινδύνους με σημαντικότερο την πιθανή παρασιτική επέκταση του είδους αυτού και την αλλοίωση του περιβάλλοντος βιότοπου [11].

Έχει καταστεί εμφανές ότι οι περιοχές με πυκνή βλάστηση απομακρύνουν περισσότερο τους ρυπαντές από ό,τι περιοχές με αραιή βλάστηση. Το πόρισμα αυτής της παρατήρησης είναι ότι τα φυτικά είδη που επιβιώνουν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους έχουν καλύτερες αποδόσεις από αυτά που πεθαίνουν κάτω από το νερό με την έναρξη των χαμηλών θερμοκρασιών. Για αυτούς τους λόγους, τα γρήγορα ανεπτυγμένα ανερχόμενα είδη, που έχουν υψηλή ποσότητα λιγνίνης και προσαρμόζονται στα μεταβαλλόμενα βάθη νερού είναι πιο κατάλληλα για τα συστήματα επεξεργασίας των τεχνητών υγροβιότοπων. Τα γένη των φυτών που ικανοποιούν τα κριτήρια αυτά είναι τα *Typha*, *Scirpus*, *Phragmites* [5,11].

Μόνο μια μικρή ποσότητα της βασικής φυτικής πυκνότητας φυτεύεται στον υγροβιότοπο. Οι ποσότητες των φυτών αυτών κυμαίνονται από 1000 έως 25000 φυτά ανά εκτάριο (ha). Μέσω της φυτικής αναπαραγωγής τα φυτά επεκτείνονται ώστε να αποκτήσουν πυκνότητα πάνω από 10 φυτών ανά ha. Όταν ο πρώτος γύρος των φυτών ωριμάζει και πεθαίνει, τα ριζώματα βγάζουν καινούριους βλαστούς διατηρώντας με αυτόν τον τρόπο τη βλάστηση του υγροβιότοπου. Οι περισσότεροι τεχνητοί υγρότοποι έχουν επίσης αποικιακά είδη φυτών γύρω από τις ρηχές άκρες και σε περιοχές που δεν υπάρχει βλάστηση. Μολονότι αυτά τα είδη φυτών δεν καλύπτουν μεγάλο μέρος του υγροβιότοπου, προβάλλουν κάποια αντίσταση ενάντια στα παθογόνα φυτά, παρέχουν σημαντική κατοικία για την άγρια ζωή και καταλαμβάνουν το μέρος των περιοχών, που τα κυρίαρχα φυτά ίσως να μην το καταλάμβαναν κάτω από διαφορετικές συνθήκες [11].

Αν ο υγροβιότοπος είναι στη διαδικασία φύτευσης, το κόστος και η διαθεσιμότητα φυτικών ειδών θα πρέπει να ληφθούν υπόψη νωρίς στη διαδικασία σχεδιασμού. Η επιλογή δημιουργίας ενός φυτωρίου θα πρέπει να γίνει νωρίς επειδή προτιμούνται τα ώριμα φυτά 1 έως 2 χρονών. Αυτά έχουν αποθέματα ενέργειας για να επιβιώσουν στη διαδικασία μεταφύτευσης. Συνεπώς, η εγκατάσταση του φυτωρίου μπορεί να ολοκληρωθεί πριν από κάποια άλλη κατασκευή [5].

Τα φυτά που χρησιμοποιούνται σε υγροβιότοπους επεξεργασίας μπορεί να είναι δενδρώδη, θαμνώδη ή ποώδη. Τα συνηθέστερα που συναντούμε είναι αυτά της οικογένειας *Typha* (ψαθί), όπως τα *Typha angustifolia* και *Typha Latifolia*, τα φυτά της οικογένειας *Scirpus* (σήψη), με κυριότερα τα *Scirpus lacustris* και *Scirpus validus* και αυτά της οικογένειας *Phragmites* (καλάμι) με κυριότερους εκπροσώπους τα *Phragmites australis* και *Phragmites communis*. Το ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε δέντρο ή φυτό οφείλεται στο γεγονός ότι μόνο τα συγκεκριμένα φυτά αντέχουν στη συνεχή κατάκλιση με νερό και γ' αυτό και βρίσκονται και στους φυσικούς υγρότοπους.



Εικ.2.8: Ανάπτυξη φυτών σε υγρότοπους ανάλογα με το είδος τους. [22]

Πιο αναλυτικά τα φυτά που χρησιμοποιούνται σε τεχνητούς υγρότοπους είναι[17]:

Ψαθί (*Typha* spp.): Είναι φυτά με επιμήκη φύλλα και κυλινδρικά καφέ άνθη. Βρίσκονται παντού, είναι πολύ ανθεκτικά, αναπτύσσονται καλά κάτω από πολλές περιβαλλοντικές συνθήκες και απλώνονται πολύ εύκολα. Είναι ιδεώδη για τεχνητούς υγρότοπους.(Εικ.2.9)



Εικ.2.9: *Typha latifolia*[43]

Σήφη (*Scirpus* spp.): Πολυετή φυτά, αναπτύσσονται σε συστάδες. Βρίσκονται παντού και αναπτύσσονται σε ποικίλες συνθήκες, σε γλυκό, υφάλμυρο και αλμυρό περιβάλλον.

Καλάμι (*Phragmites* spp.): Είναι το είδος που χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον στην Ευρώπη. Είναι ψηλά φυτά τύπου χόρτου που αναπτύσσονται ετήσια αλλά έχουν πολυετές ρίζωμα. Είναι το περισσότερο διαδεδομένο αναδυόμενο φυτό. Οι ακόλουθες ποικιλίες χρησιμοποιούνται στους υγροβιότοπους: *Phragmites australis* (Εικ.2.10), *Phragmites communis*.

Βούρλο (*Juncus* spp.): Συνήθως χρησιμοποιούνται περιφερειακά σε υγρότοπους.

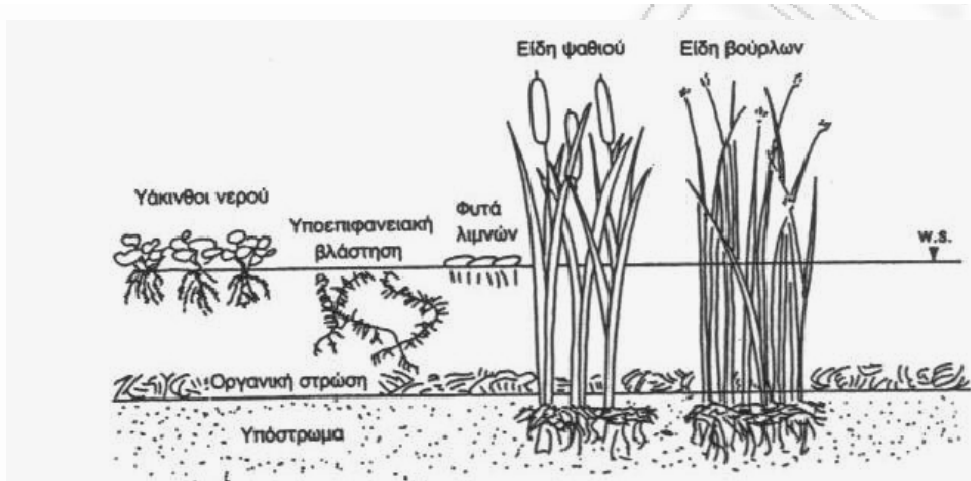
Σπαθόχορτο (*Carex* spp.): Συνήθως χρησιμοποιούνται περιφερειακά σε υγρότοπους.



Εικ.2.10: *Phragmites australis* [44]



Τα πιο συνηθισμένα φυτά που χρησιμοποιούνται για επεξεργασία νερού είναι τα καλάμια (*Phragmites* spp.), τα φαθιά (*Typha* spp.) και τα βούρλα (*Seirpus* spp.). Τυπικά φυτά που χρησιμοποιούνται σε τεχνητούς υγροβιότοπους φαίνονται επίσης στην Εικ.2.11. Αυτά τα φυτά μεταβάλλουν τις συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου (DO) και τη θερμοκρασία του νερού και σκιάζουν τα άλγη. Η βλάστηση ως επί το πλείστον δημιουργεί πρόσθετα οξικά περιβάλλοντα για μικροβιακούς πληθυσμούς μέσω αύξησης της επιφάνειας του υποστρώματος στη στήλη νερού και οξυγονώνοντας τα στερεά σωματίδια γύρω από τις ίνες των ριζών [19].



Εικ.2.11. Σχηματική απεικόνιση φυτών σε τεχνητούς υγροβιότοπους [11]

Συνοπτικά, τα κριτήρια καταλληλότητας των φυτών ώστε να χρησιμοποιηθούν σε έναν τεχνητό υγροβιότοπο είναι [11]:

- Οικολογική αποδεκτότητα, για παράδειγμα μη σημαντικοί κίνδυνοι εμφάνισης ασθενειών από την παρουσία φυτών ή παρασιτικής διασποράς και λειτουργίας τους και γενικά αποφυγή κινδύνου οικολογικής ή γενετικής αλλοίωσης των περιβαλλόντων φυσικών συστημάτων.
- Αντοχή στις τοπικές κλιματικές συνθήκες, στα ζιζάνια και στις ασθένειες που θα αντιμετωπίσει.
- Αντοχή στους μολυσματικούς παράγοντες και στις υπερτροφικές πλημμυρικές συνθήκες.
- Δυνατότητα απομάκρυνσης υψηλού ποσοστού ρύπων, είτε μέσω άμεσης αφομοίωσης και αποθήκευσης τους είτε έμμεσα, μέσω εμπλουτισμού των μικροβιακών μετασχηματισμών και διαδικασιών όπως η νιτροποίηση (μέσω του εμπλουτισμού του ανοξικού περιβάλλοντος με οξυγόνο προερχόμενο από τις ρίζες των φυτών) και η απονιτροποίηση (μέσω της παραγωγής υποκατάστατων του άνθρακα).

## 2.4. Απομάκρυνση ρύπων σε συστήματα τεχνητών υγρότοπων

### 2.4.1 Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD)

Υγρότοποι που ελάμβαναν απόβλητα επεξεργασμένα από πρωτοβάθμιο έως τριτοβάθμιο επίπεδο, έδειξαν συνέπεια στην αφαίρεση BOD<sub>5</sub>. Η συγκέντρωση BOD<sub>5</sub> στην εκροή ήταν πάντοτε μικρότερη των 20 mg/L για συγκεντρώσεις εισροής μέχρι περίπου 80 mg/L [27]. Ουσιαστικά όμως η συγκέντρωση που αναφέρθηκε παραπάνω είναι δυνατόν να επιτευχθεί ανεξάρτητα από τη συγκέντρωση εισροής μέχρι 150 mg/L [19]. Παρατηρήθηκε εντούτοις ότι δεν είναι δυνατόν να σχεδιασθεί ένα σύστημα υγροβιότοπων έτσι ώστε η εκροή να έχει μηδενική συγκέντρωση BOD<sub>5</sub>, όσο μεγάλος κι αν είναι ο χρόνος παραμονής και τούτο διότι παράγεται BOD<sub>5</sub> από την αποσύνθεση της φυτικής ύλης μέσα στον υγρότοπο, με αποτέλεσμα το BOD<sub>5</sub> να κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 2 και 7 mg/L [27].

Η αφαίρεση των οργανικών ουσιών διενεργείται με μεγάλη ταχύτητα σε όλα τα συστήματα υγροβιότοπων και οφείλεται στις αδιατάρακτες συνθήκες στα συστήματα επιφανειακής ροής και στη διήθηση και την απόθεση στα συστήματα υπόγειας ροής. Το BOD<sub>5</sub>, το οποίο έχει καθιζάνει, υπόκειται σε αερόβια ή αν οξική αποσύνθεση ανάλογα με την ποσότητα οξυγόνου στο σημείο απόθεσης. Το υπολειπόμενο BOD<sub>5</sub>, το οποίο είναι κολλοειδούς και διαλυμένης μορφής, συνεχίζει να αφαιρείται, καθώς το λύμα έρχεται σε επαφή με τα μικρόβια, τα οποία είναι προσκολλημένα στο πληρωτικό υλικό και στις ρίζες των φυτών [27,29]. Η βιολογική αυτή διεργασία μπορεί να είναι αερόβια κοντά στην επιφάνεια των συστημάτων επιφανειακής ροής και σε αερόβιες μικροπεριοχές στα συστήματα υπόγειας ροής, αλλά η ανοξική αποσύνθεση επικρατεί σε όλο το σύστημα.

Η αφαίρεση μπορεί να περιοριστεί από την αποσύνθεση φυτικής μάζας και άλλων φυσικών οργανικών που περιέχονται στο σύστημα. Συνεπώς, ο σχεδιασμός συστήματος υγροβιότοπου για την επίτευξη μηδενικής συγκέντρωσης εκροής BOD<sub>5</sub> είναι αδύνατος. Επίσης, η θερμοκρασία δείχνει να επηρεάζει τις συγκεντρώσεις BOD<sub>5</sub>, όπως και η εποχιακή εναλλαγή, λόγω μεταβολών στην ανάπτυξη των φυτών, στο σχηματισμό νεκρής οργανικής ύλης άνωθεν των φίλτρων και στον κύκλο του άνθρακα. Τέλος, αναφέρεται ότι η αφαίρεση BOD<sub>5</sub> είναι ταχύτερη στους τεχνητούς υγροβιότοπους υπόγειας ροής σε σχέση με τους επιφανειακής ροής [24].

### 2.4.2 Αιωρούμενα στερεά

Η αφαίρεση των ΑΣ είναι πολύ αποτελεσματική και στους δύο τύπους υγροβιότοπων. Μετρήσεις σε διάφορους υγροβιότοπους έδειξαν συνέπεια σε συγκεντρώσεις ΑΣ στην εκροή μικρότερες των 20 mg/L για συγκεντρώσεις στην εισροή μέχρι 160 mg/L. Το μεγαλύτερο πρόβλημα με την αφαίρεση ΑΣ, το οποίο παρατηρήθηκε σε πολλές μελέτες, είναι η απόφραξη του πορώδους μέσου σε υγροβιότοπους υπόγειας ροής. Στην περίπτωση αυτή παρατηρείται υπερχείλιση του φίλτρου, επιφανειακή ροή και χαμηλότερη απόδοση. Κατάλληλα σχεδιαστικά και κατασκευαστικά μέτρα πρέπει να λαμβάνονται για την αποφυγή αυτού του προβλήματος. Άλλο πρόβλημα χαμηλής απόδοσης μπορεί να προκύψει επίσης από το φαινόμενο του υδραυλικού βραχυκυκλώματος[27].

### 2.4.3. Άζωτο

Όλοι οι τύποι υγρότοπων παρουσιάζουν μεγάλη αποτελεσματικότητα όσον αφορά στην αφαίρεση αζώτου. Ο βαθμός αφαίρεσης όμως είναι συνάρτηση της μορφής με την οποία το άζωτο εισέρχεται στο σύστημα (δηλαδή οργανικό άζωτο, ενώσεις αμμωνίου  $\text{NH}_4^+$ , διαλυμένα αέρια αμμωνία  $\text{NH}_3$ , νιτρικό  $\text{NO}_3$  και νιτρώδες άζωτο  $\text{NO}_2$ ), του pH, της θερμοκρασίας και του διαλυμένου οξυγόνου. Αυτές οι παράμετροι πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό[27]. Αν και η πρόσληψη αζώτου από τα φυτά λαμβάνει χώρα σε ένα σύστημα τεχνητών υγροβιότοπων, μόνο ένα μικρό μέρος του ολικού αζώτου μπορεί να απομακρυνθεί από το συγκεκριμένο μηχανισμό.

### 2.4.4 Οργανικό άζωτο

Το οργανικό άζωτο βρίσκεται κυρίως στα στερεά που περιέχονται στα υγρά απόβλητα και αφαιρείται αμέσως με την καθίζηση των στερεών, αποσυντίθεται ή δημιουργούνται άλατα και τελικά παράγεται αμμωνία. Οργανικό άζωτο επίσης εισέρχεται στο σύστημα με φυσικό τρόπο από τα υπολείμματα βλάστησης και πάλι παράγεται μετά την αποσύνθεση του αμμωνία. Επομένως, η συνήθης συντηρητική υπόθεση στο σχεδιασμό είναι ότι το περισσότερο από το οργανικό άζωτο καταλήγει σε αμμωνία στο σύστημα και πρέπει να αφαιρεθεί [27].

### 2.4.5 Αμμωνία

Η αφαίρεση της αμμωνίας γίνεται με βιολογική νιτροποίηση ακολουθούμενη από απονιτροποίηση και η διεργασία είναι η ίδια και για τους δύο τύπους υγροβιότοπων. Οι απαιτούμενες συνθήκες για νιτροποίηση είναι οι ακόλουθες: (1) οξυγόνο (απαιτούνται 4,6 g για την οξειδωση 1 g  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ) δηλαδή αερόβιες συνθήκες και να έχει αφαιρεθεί ήδη το BOD, (2) ικανοποιητική αλκαλικότητα και (3) κατάλληλη θερμοκρασία. Επίσης, οι μικροοργανισμοί νιτροποίησης προτιμούν προσκόλληση σε επιφάνειες [27]. Μετρήσεις σε λειτουργούντες τεχνητούς υγρότοπους έδειξαν ότι σε πολλές περιπτώσεις η συγκέντρωση αμμωνίας στην εκροή ήταν μεγαλύτερη αυτής της εισροής. Αυτό οφείλεται κυρίως στην αποσύνθεση του οργανικού αζώτου της εισροής ή και του φυσικά παραγόμενου στον υγροβιότοπο, σε συνδυασμό με χαμηλό επίπεδο οξυγόνου για την αντίδραση της νιτροποίησης. Στους υγροβιότοπους επιφανειακής ροής η μεταφορά οξυγόνου γίνεται με αερισμό από την ατμόσφαιρα, ενώ στα συστήματα υποεπιφανειακής ροής η μεταφορά οξυγόνου γίνεται μέσω των υδροχαρών φυτών. Έτσι, στη δεύτερη περίπτωση παρατηρήθηκε ότι, όταν οι ρίζες των φυτών διεισδύουν σε όλο το βάθος του πορώδους μέσου, η απόδοση σε αφαίρεση αμμωνίας είναι μεγαλύτερη. Σε πειράματα που δεν περιελάμβαναν φυτά αλλά μόνο το πορώδες μέσο, η αφαίρεση αμμωνίας ήταν ελάχιστη. Επομένως, ένα σχεδιαστικό κριτήριο είναι ότι όταν απαιτείται αφαίρεση αμμωνίας, τότε πρέπει οι ρίζες των φυτών να διεισδύουν σε όλο το πάχος του πορώδους μέσου. Επειδή η μεταφορά οξυγόνου από την ατμόσφαιρα στις ρίζες είναι μια σχετικά αργή διαδικασία (ακόμη και για υψηλές θερμοκρασίες) απαιτείται για την αφαίρεση της αμμωνίας ένας ελάχιστος υδραυλικός χρόνος παραμονής τουλάχιστον 6-8 ημερών (όταν η διείσδυση των ριζών είναι πλήρης). Όταν η διείσδυση των ριζών είναι μερική ή/και οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές, ο χρόνος παραμονής πρέπει να αυξάνεται. Τέλος, η παρουσία φυκών επηρεάζει αρνητικά την αφαίρεση αμμωνίας και για το λόγο αυτό δε συνιστάται ο συνδυασμός σε σειρά δεξαμενών σταθεροποίησης με υγροβιότοπους.

### 2.4.6 Νιτρικό άζωτο

Η αφαίρεση του νιτρικού αζώτου γίνεται με βιολογική απονιτροποίηση, διεργασία που απαιτεί: (1) αναερόβιες συνθήκες, (2) κατάλληλη θερμοκρασία και (3) αρκετή περιεκτικότητα άνθρακα. Η κύρια παράμετρος που επηρεάζει τη διεργασία σε υγροβιότοπους είναι ο άνθρακας, αφού αναερόβιες συνθήκες επικρατούν συνήθως

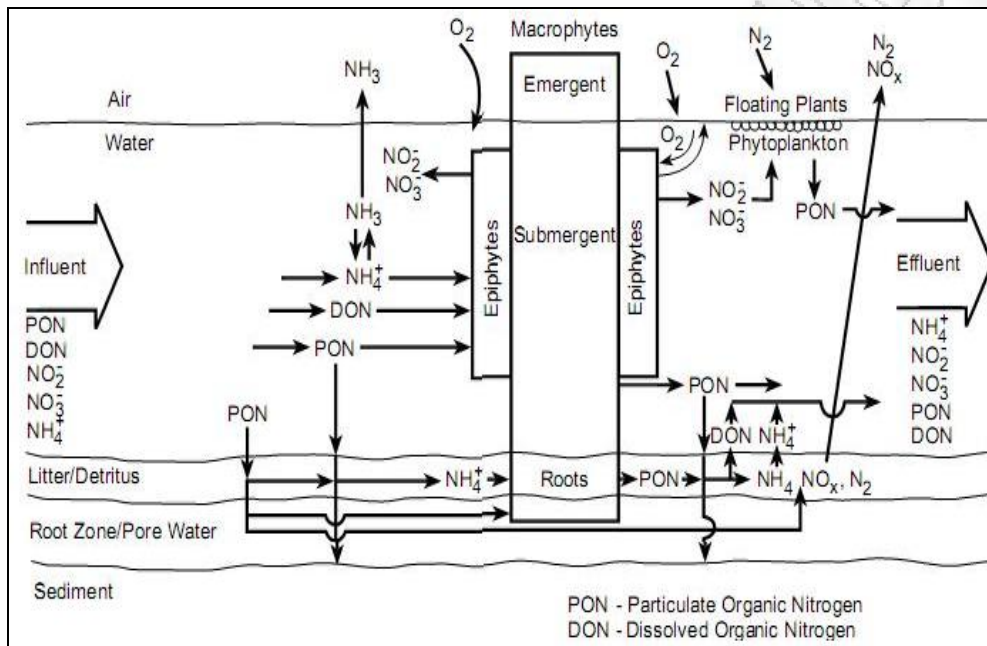
(εκτός γύρω από τις ρίζες) και η θερμοκρασία είναι απρόβλεπτη παράμετρος που εξαρτάται από το κλίμα της περιοχής του υδροβιότοπου [27]. Ο άνθρακας εξαρτάται από τις οργανικές ενώσεις που βρίσκονται είτε στα υγρά απόβλητα, είτε με φυσικό τρόπο στον υδροβιότοπο. Λόγω όμως του ότι η αφαίρεση BOD προηγείται της νιτροποίησης, η μόνη πηγή άνθρακα είναι οι φυσικές οργανικές ενώσεις από τα υπολείμματα φυτικής ύλης. Οι υδροβιότοποι επιφανειακής ροής είναι πιο αποτελεσματικοί στην απονιτροποίηση, λόγω ακριβώς της επαφής του αποβλήτου με τα υπολείμματα φυτικής ύλης. Μετρήσεις έδειξαν ότι αυτό είναι ιδίως αισθητό για συγκεντρώσεις  $\text{NO}_3^-$ -N μεγαλύτερες από 6 mg/L. Σε γενικές γραμμές, έχει παρατηρηθεί σημαντική απόδοση σε αφαίρεση νιτρικού αζώτου σε τεχνητούς υδροβιότοπους.

Η αφαίρεση αζώτου μπορεί να είναι πολύ αποτελεσματική σε όλους τους τύπους υδροβιότοπων, με παρόμοιους μηχανισμούς αφαίρεσης. Αν και λαμβάνει χώρα λήψη αζώτου από τα φυτά, μόνο ένα μικρό κλάσμα του ολικού αζώτου αφαιρείται με το μηχανισμό αυτό. Το άζωτο εισέρχεται στα συστήματα υδροβιότοπων σε διάφορες μορφές, όπως οργανικό άζωτο, αμμωνία, νιτρώδη και νιτρικά.

Το οργανικό άζωτο που εισέρχεται σε έναν υδροβιότοπο σχετίζεται με τη σωματιδιακή μάζα, όπως οργανικά στερεά του λύματος και άλγη. Η αρχική αφαίρεση της μάζας αυτής, ως TSS, είναι αρκετά γρήγορη. Το μεγαλύτερο μέρος του οργανικού αζώτου τότε, υπόκειται σε αποσύνθεση είτε σε αμμωνιτοποίηση απελευθερώνοντας αμμωνία στο νερό. Τα κατάλοιπα των φυτών και άλλων οργανικών υλικών μπορούν επίσης να αποτελούν πηγές οργανικού αζώτου, με αποτέλεσμα μια εποχιακή απελευθέρωση αμμωνίας, καθώς αυτά αποσυντίθενται. Οι κύριοι μηχανισμοί απομάκρυνσης του αζώτου είναι η βιολογική νιτροποίηση και απονιτροποίηση, η δέσμευση από τα φυτά, η προσρόφηση, όπου ιονισμένη αμμωνία αντιδρά με το πληρωτικό υλικό, καθώς και η εξάτμιση της αμμωνίας, αφού μετατραπεί σε ελεύθερη αμμωνία (Εικ.2.12)[24,29].

Ο κύριος μηχανισμός αφαίρεσης της αμμωνίας ως μορφή αζώτου, τόσο στα συστήματα επιφανειακής όσο και στα υπόγειας ροής, είναι η βιολογική νιτροποίηση ακολουθούμενη από απονιτροποίηση. Η νιτροποίηση συνήθως συμβαίνει σε αερόβιες συνθήκες, μπορεί όμως να επιτευχθεί και σε συνθήκες με σχετικά χαμηλό οξυγόνο. Επίσης, εξαρτάται από τη μεταβολή της θερμοκρασίας. Συγκεκριμένα, τα μικρόβια που είναι υπεύθυνα για τη νιτροποίηση και την απονιτροποίηση λειτουργούν καλύτερα σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 15°C. Επίσης, πάνω από τη θερμοκρασία αυτή λαμβάνει χώρα ανάπτυξη των φυτών που παρέχουν το απαραίτητο διαλυμένο οξυγόνο για τη νιτροποίηση.

Τα νιτρικά ( $\text{NO}_3^-$ ) ως μορφή αζώτου αφαιρούνται μέσω της βιολογικής απονιτροποίησης. Η επίτευξη της απονιτροποίησης απαιτεί ανοξικές και αποδεκτές θερμοκρασιακές συνθήκες, καθώς και επαρκή πηγή άνθρακα. Η ύπαρξη ανοξικών συνθηκών είναι εγγυημένη στα περισσότερα συστήματα τεχνητών υγροβιότοπων και η θερμοκρασία εξαρτάται από το εκάστοτε κλίμα. Κύρια πηγή άνθρακα αποτελούν τα φυτικά κατάλοιπα, καθώς και άλλα φυσικά οργανικά στοιχεία που υπάρχουν στο σύστημα. Η απονιτροποίηση ενδέχεται να περιοριστεί απουσία πηγής άνθρακα [27].



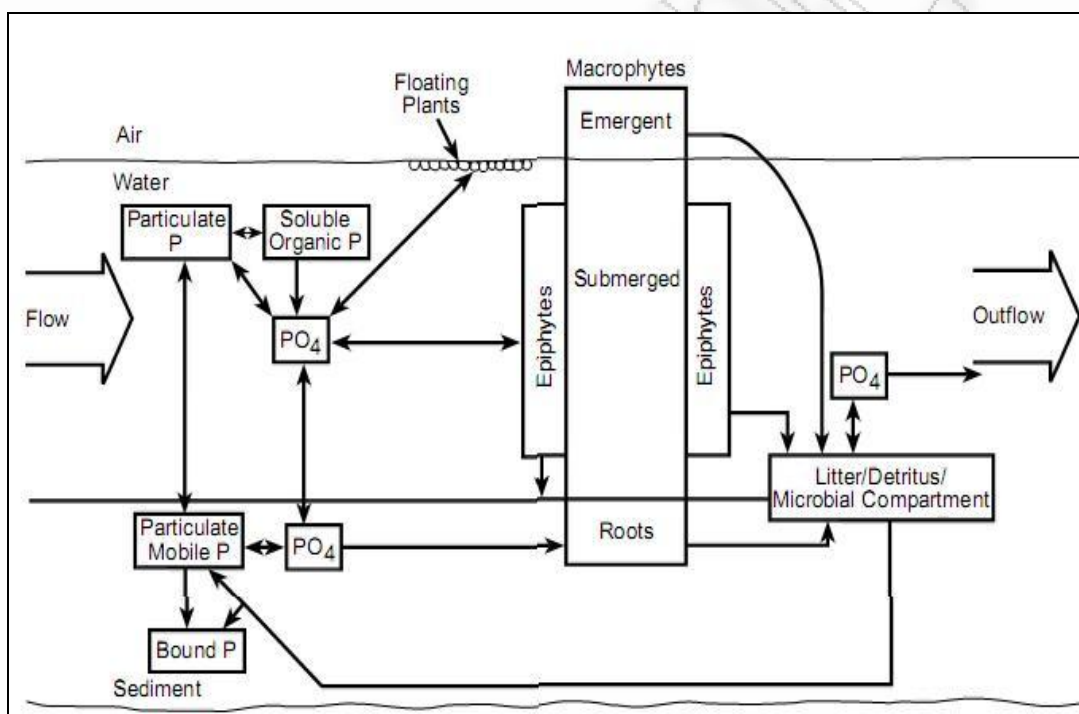
Εικ.2.12: Αφαίρεση αζώτου σε τεχνητούς υγροτόπους ελεύθερης επιφάνειας

## 2.4.7 Φωσφόρος

Η απομάκρυνση φωσφόρου γίνεται συνήθως με απορρόφηση από τα φυτά, προσρόφηση στο έδαφος και κατακρήμνιση. Οι διεργασίες αυτές είναι περιορισμένες σε τεχνητούς υγροβιότοπους, εκτός από τα 1 -2 πρώτα χρόνια λειτουργίας τους, όταν μεγαλύτερη ποσότητα μπορεί να προσροφηθεί στο έδαφος του πυθμένα πριν αυτό φθάσει σε κορεσμό. Επιπλέον, τα φυτά απορροφούν, ενώ αναπτύσσονται πριν φθάσουν σε ωριμότητα. Η δυνατότητα προσρόφησης στο έδαφος μειώνεται με το χρόνο. Τα φυτά συνεχίζουν να απορροφούν, αλλά μέρος του φωσφόρου που απορροφούν επανέρχεται πίσω στο σύστημα ως νεκρή φυτική ύλη. Μετρήσεις έδειξαν ότι μακροπρόθεσμα η αφαίρεση κυμαίνεται μεταξύ 30 και 50%[27].

Η αφαίρεση του φωσφόρου στα φυσικά συστήματα είναι αποτέλεσμα της προσρόφησης, της καθίζησης και της δέσμησης από τα μικρόβια και τα φυτά. Η δέσμηση από τα μικρόβια και τα φυτά είναι υπεύθυνα μόνο για την αφαίρεση

ορθοφωσφορικών ιόντων. Ενώ, οι υπόλοιποι μηχανισμοί είναι υπεύθυνοι για την αφαίρεση όλων των μορφών φωσφόρου [24]. Η αφαίρεση φωσφόρου μέσω της προσρόφησης και της καθίζησης εξαρτάται από το είδος του πληρωτικού υλικού. Οι τεχνητοί υγροβιότοποι δεν είναι το ίδιο αποτελεσματικοί στην αφαίρεση φωσφόρου εξαιτίας των περιορισμένων δυνατοτήτων επαφής του λύματος και του εδάφους. Ένα σύστημα υγροβιότοπου μπορεί να επιτύχει αποτελεσματική απομάκρυνση φωσφόρου κατά τα πρώτα χρόνια λειτουργίας του λόγω της προσροφητικής ικανότητας του εδάφους. Όταν όμως το σύστημα αυτό φθάσει σε ισορροπία, η αφαίρεση φωσφόρου είναι δυνατόν να μειωθεί. Η λήψη από τα φυτά συνεχίζει να συμβαίνει, όμως η αποσύνθεση τους απελευθερώνει μέρος του φωσφόρου[29].



Εικ.2.13: Κύκλος φωσφόρου σε υγροτόπους ελεύθερης επιφάνειας

## 2.4.8 Μέταλλα

Οι μηχανισμοί αφαίρεσης των μετάλλων σε υγροβιότοπους είναι παρόμοιοι αυτών της αφαίρεσης φωσφόρου με κύρια την προσρόφηση στα ιζήματα του πυθμένα. Σε αντίθεση με το φωσφόρο, τα ποσοστά αφαίρεσης μετάλλων από τεχνητούς υγροβιότοπους όλων των τύπων είναι πολύ υψηλά και πλησιάζουν το 100%. Επίσης, το ποσοστό αυτό παρατηρείται και μακροπρόθεσμα κατά τη διάρκεια ζωής του υγροβιότοπου. Ένα πρόβλημα με τα μέταλλα είναι η συνεχής συσσώρευση μέσα στον υγροβιότοπο. Όταν πρόκειται για οικιακά λύματα, οι ποσότητες είναι μικρές και δεν

προκαλείται πρόβλημα. Για βιομηχανικά λύματα όμως, με υψηλές περιεκτικότητες μετάλλων, αυτό πρέπει να ληφθεί υπόψη στο σχεδιασμό. Πρόβλημα πιθανόν να υπάρχει και με υγροβιότοπους που γίνονται αποδέκτες αστικής επιφανειακής απορροής [27].

#### **2.4.9 Οργανικοί ρύποι**

Οι διεργασίες αφαίρεσης αυτών των ρύπων είναι η εξαέρωση, η προσρόφηση σε οργανική ύλη στο σύστημα και η βιολογική αποσύνθεση. Το ποσοστό αφαίρεσης υπερβαίνει το 90-95% και βελτιώνεται με την αύξηση του χρόνου παραμονής.

#### **2.4.10 Παθογόνοι μικροοργανισμοί**

Οι διεργασίες απομάκρυνσης παθογόνων μικροοργανισμών σε τεχνητούς υγροβιότοπους είναι παρόμοιες με αυτές σε λίμνες σταθεροποίησης με επιπλέον αφαίρεση λόγω διήθησης μέσω των φυτών και της φυτικής ύλης σε υγροβιότοπους επιφανειακής ροής και συγκράτηση στο πορώδες μέσο στους υγροβιότοπους υπόγειας και κατακόρυφης ροής. Βρέθηκε ότι το λεπτόκοκκο πορώδες μέσο είναι ανώτερο σε αφαίρεση μικροοργανισμών σε σύγκριση με πιο χονδροκόκκο. Τα ποσοστά αφαίρεσης υπερβαίνουν το 90% και για περιττωματικά κολοβακτηρίδια και ιούς για χρόνους παραμονής από 3 έως 6 ημέρες. Γενικά, η αφαίρεση είναι 1-2 τάξεις μεγέθους για χρόνο παραμονής 3-7 ημέρες και 3-4 τάξεις μεγέθους για χρόνο παραμονής μεγαλύτερο των 14 ημερών [27].

### **2.5. Πανίδα στους τεχνητούς υγροβιότοπους**

Η πανίδα έχει συνήθως μικρούς αλλά σημαντικούς ρόλους στη λειτουργία των υγροβιότοπων, ευνοώντας τη βελτίωση της ποιότητας του νερού. Από τα μικροσκοπικά πρωτόζωα έως τα μεγαλύτερα θηλαστικά, τα ζώα καταναλώνουν παραγωγική ενέργεια βιομάζας, μετατρέπουν μέρος της ενέργειας αυτής σε νέα βιομάζα και ανακυκλώνουν το μη χρησιμοποιούμενο οργανικό υλικό και την τροφή. Οι ελικοειδείς τροφές χρησιμοποιούνται συνέχεια και μεταλλάσσονται μέχρι να ξαναχρησιμοποιηθούν. Οι καταναλωτές κρατούν τις τροφές σε συνεχή κυκλοφορία και ρυθμίζουν τους



πληθυσμούς των χαμηλότερων τροφικών επιπέδων με τρόπο που βελτιώνει το σύστημα λειτουργίας. Τα συστήματα τεχνητών υδροβιότοπων που είναι εκτεθειμένα σε τοξίνες ή σε άλλους παράγοντες που εξολοθρεύουν τους καταναλωτικούς πληθυσμούς, έχουν μικρότερες κυκλικές τροφικές λειτουργίες, που με τη σειρά τους είναι δυνατόν να επηρεάσουν την παραγωγικότητα της ποιότητας του νερού [5].

Στις περισσότερες περιπτώσεις ο σχεδιαστής του υδροβιότοπου δε χρειάζεται να ανησυχεί για τις τροφικές και αποικιακές ανάγκες των παρόντων ζώων. Όταν αυτοί οι φυσικοί κάτοικοι είναι παρόντες, θα δημιουργηθεί μια ποικιλία οργανισμών και σε μερικά χρόνια ή λιγότερο θα δημιουργηθεί ένα ισορροπημένο οικοσύστημα υδροβιότοπου που θα έχει λειτουργίες που θα τις ορίζει μόνος του. Εντούτοις, αν το σύστημα χρήσης του υδροβιότοπου κατασκευασθεί σε μέρος όπου δεν υπάρχουν πηγές ή τα προσαρμοσμένα είδη, ο σχεδιαστής θα πρέπει να προάγει τεχνητή αποίκιση μέσω της εισαγωγής νερού, ιζημάτων και φυτών που να περιέχουν μικροσκοπικά ζώα και μικρόβια από μακρύτερες πηγές [5].

Ασπόνδυλα και σπονδυλωτά ζώα μαζεύουν τα θρεπτικά και την ενέργεια παρέχοντας τροφή στα μικρόβια και στη μακροφυτική βλάστηση, με ανακύκλωση και σε ορισμένες περιπτώσεις μεταφέροντας ουσίες εκτός του συστήματος υδροβιότοπου. Λειτουργικά, αυτά τα συστατικά έχουν περιορισμένους ρόλους σε μετατροπές ρύπων, αλλά συχνά εξασφαλίζουν ουσιώδη βοηθητικά πλεονεκτήματα (επαναδημιουργία μόρφωση) σε επιτυχημένα συστήματα [23].

## **2.6. Μικροβιακοί οργανισμοί**

Μικρόβια-βακτήρια, μύκητες, άλγη και πρωτόζωα- μεταβάλλουν τους ρύπους ώστε να λαμβάνουν θρεπτικά ή ενέργεια και να εκτελούν τον κύκλο ζωής τους. Επιπλέον, πολλές φυσικά δημιουργούμενες ομάδες μικροβίων λειτουργούν ως θηρευτές, καταναλώνοντας παθογόνους οργανισμούς. Η αποτελεσματικότητα των υδροβιότοπων στον καθαρισμό του νερού εξαρτάται από την ανάπτυξη και διατήρηση βέλτιστου περιβάλλοντος για τους επιθυμητούς μικροβιακούς πληθυσμούς. Οι συγκεκριμένοι μικροοργανισμοί απαντώνται στα περισσότερα ύδατα και συνήθως έχουν μεγάλους πληθυσμούς στους υδροβιότοπους και στα ρυπασμένα με θρεπτικά ύδατα. Μόνο σπάνια, με πολύ ασυνήθεις ρύπους, θα χρειασθεί εμβολιασμός με ένα ειδικό τύπο ή είδος μικροβίων [23].

Οι μηχανισμοί απομάκρυνσης των βακτηρίων και παρασίτων, όπως πρωτόζωα, που

είναι συνήθη στα περισσότερα φυσικά συστήματα επεξεργασίας, περιλαμβάνουν καθίζηση, προσρόφηση, ακτινοβολία, ξήρανση, εμπλοκή, ανταγωνιστικές επιδράσεις, φυσική φθορά και γενικά έκθεση τους σε διάφορες αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι ιοί απομακρύνονται μόνο με φυσική φθορά και καταστροφή τους [22]. Στα συστήματα τεχνητών υδροβιότοπων παρατηρούνται διαφοροποιημένα ποσοστά απομάκρυνσης μικροοργανισμών, αλλά γενικά όχι σε τέτοιο βαθμό που να μην απαιτείται συμπληρωματική απολύμανση των λαμβανομένων από αυτά τελικών εκροών, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις που επιδιώκεται επαναχρησιμοποίηση τους [1].

## **2.7. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τεχνητών υδροβιότοπων σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα επεξεργασίας**

Τα τελευταία χρόνια έχει αποδειχθεί ότι οι τεχνητοί υδροβιότοποι αποτελούν αξιόπιστη τεχνολογία για την επεξεργασία ρυπασμένου ύδατος, ειδικά για περιοχές με μικρό πληθυσμό. Συγκρινόμενοι με τα συμβατικά συστήματα βιολογικού καθαρισμού οι τεχνητοί υδροβιότοποι επιφανειακής ροής παρουσιάζουν συγκεκριμένα πλεονέκτημα [5]:

- Τα συστήματα υδροβιότοπων επιφανειακής ροής παρέχουν αποτελεσματική επεξεργασία με παθητικό τρόπο, ελαχιστοποιώντας το μηχανικό εξοπλισμό, την ενέργεια και εξειδικευμένους εξοπλισμούς για τον χειριστή.
- Τα συστήματα υδροβιότοπων επιφανειακής ροής είναι λιγότερο ακριβά στην κατασκευή και κοστίζουν λιγότερο στο χειρισμό και στη συντήρηση.
- Η λειτουργία τους καθ' όλη τη διάρκεια του έτους για δευτερογενή επεξεργασία είναι πιθανή σε όλους τους κλιματικούς τύπους, εκτός των ιδιαίτερα ψυχρών κλιμάτων. Η λειτουργία τους καθ' ύλη τη διάρκεια του έτους για προχωρημένη ή τριτογενή επεξεργασία είναι πιθανή σε θερμά έως μέτρια κλίματα.
- Τα συστήματα αυτά εξασφαλίζουν πολύτιμη προσθήκη στο «πράσινο» σε μια κοινωνία και περιέχουν τη συγχώνευση περιβάλλοντος και επαρκή ψυχαγωγία του κοινού.
- Δεν παράγουν υπολείμματα βιοστερεών ή ιλύος που απαιτούν επιπρόσθετη επεξεργασία ή απόθεση.

Ωστόσο, παρουσιάζουν και ορισμένα μειονεκτήματα σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα [5]:

- Η έκταση της γης που απαιτείται για υδροβιότοπους επιφανειακής ροής πρέπει να είναι μεγάλη, ειδικά όταν απαιτείται απομάκρυνση αζώτου ή φωσφόρου. Η απαίτηση έκτασης για διαφορετικές διατάξεις και διαφορετικούς σκοπούς επεξεργασίας (απομάκρυνση BOD, νιτροποίηση, κτλ.) έχει προσδιορισθεί ότι κυμαίνεται από 1,3 έως 10,3m<sup>2</sup>/άτομο (1m<sup>2</sup> /άτομο για απομάκρυνση BOD και 2m<sup>2</sup> /άτομο για απομάκρυνση BOD και νιτροποίηση)

- Η απομάκρυνση BOD, COD και αζώτου είναι βιολογικές διαδικασίες και κατά βάση διαρκώς ανανεώνονται. Ο φώσφορος, τα μέταλλα και ορισμένα επίμονα οργανικά απομακρυνόμενα από το σύστημα κατευθύνονται στα ιζήματα του υδροβιότοπου και συσσωρεύονται με το πέρασμα του χρόνου.

- Σε ψυχρά κλίματα, οι χαμηλές χειμερινές θερμοκρασίες περιορίζουν το ρυθμό απομάκρυνσης του BOD και τις βιολογικές αντιδράσεις που είναι υπεύθυνες για νιτροποίηση και απονιτροποίηση. Ο αυξημένος χρόνος κράτησης μπορεί να αντισταθμίσει αυτό, αλλά τότε το ιδιαίτερα μεγάλο μέγεθος του υδροβιότοπου πιθανόν να είναι αναποτελεσματικό όσον αφορά το κόστος ή να είναι τεχνικά ανέφικτο.

- Το μεγαλύτερο μέρος του νερού στην πλειονότητα των συστημάτων είναι κατά βάση ανοξικό, κάτι που περιορίζει την τάση για ταχεία βιολογική νιτροποίηση της αμμωνίας.

- Κουνούπια και άλλα έντομα που είναι φορείς ασθενειών μπορούν να αποτελέσουν πρόβλημα.

- Ο πληθυσμός των πτηνών σε ένα τεχνητό υδροβιότοπο μπορεί να επιφέρει δυσμενείς επιπτώσεις αν βρίσκεται αεροδρόμιο κοντά.



## 3. Λίμνες σταθεροποίησης

### 3.1. Γενικά Χαρακτηριστικά

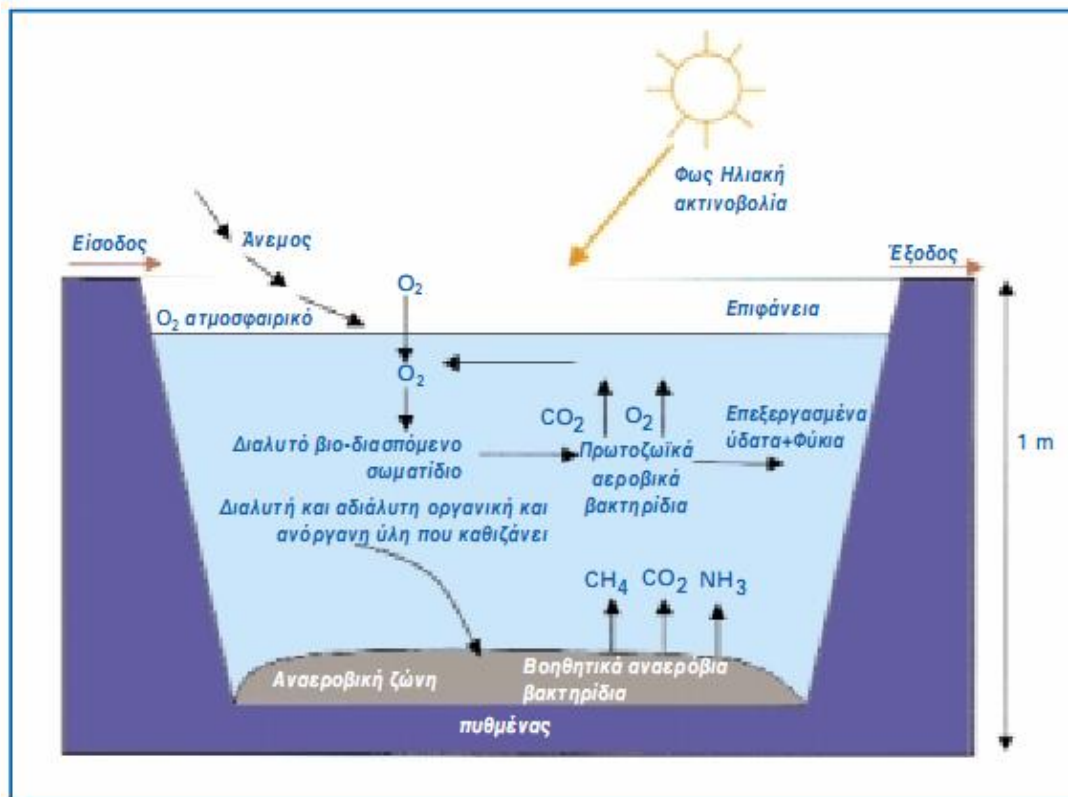
Εκτός από τους τεχνητούς υγρότοπους, οι λίμνες σταθεροποίησης αποτελούν επίσης ένα αξιόπιστο φυσικό σύστημα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

Στις λίμνες σταθεροποίησης επικρατούν κυρίως αερόβιες συνθήκες (στην επιφάνεια της λίμνης και μέχρι ένα βάθος) με τις οποίες γίνεται η μετατροπή των οργανικών ενώσεων σε ανόργανες. Με την φυσική αυτή μέθοδο η οποία πραγματοποιείται στις λίμνες σταθεροποίησης, τα θρεπτικά συστατικά (οργανικές ενώσεις) μπορούν να απομακρυνθούν με διάφορες διαδικασίες, οι κυριότερες από τις οποίες είναι [21]:

- Καθίζηση των στερεών αποβλήτων
- Αφομοίωση στην αλγώδη / βακτηριακή βιομάζα (και επακόλουθη απομάκρυνση της βιομάζας)
- Αεριοποίηση αμμωνίας στην ατμόσφαιρα
- Κατακρήμνιση φωσφορικών αλάτων (και αμμωνιακού – N)
- Προσρόφηση στη λάσπη του πυθμένα ή στα τοιχεία της λίμνης
- Νιτροποίηση – Απονιτροποίηση

Ο βασικός μηχανισμός στον οποίο βασίζεται αυτό το σύστημα επεξεργασίας είναι η φωτοσύνθεση. Το επιφανειακό στρώμα νερού των λιμνών είναι εκτιθέμενο στο φως. Αυτό επιτρέπει την ανάπτυξη φυκών που παράγουν οξυγόνο, αναγκαίο για την ανάπτυξη και συντήρηση των αερόβιων βακτηριδίων. Αυτά τα βακτηρίδια είναι υπεύθυνα για την αποδόμηση της οργανικής ύλης. Το διοξείδιο του άνθρακα που εκλύεται από τα βακτηρίδια, και τα μεταλλικά άλατα που περιέχονται στα λύματα, επιτρέπουν τον πολλαπλασιασμό των φυκών. Έτσι επιτυγχάνεται η αναπαραγωγή δύο αλληλοεξαρτώμενων πληθυσμών: των βακτηριδίων και των φυκών, επονομαζόμενα εξ ίσου "μικρόφυτα". Αυτός ο κύκλος αυτοσυντηρείται καθώς το σύστημα δέχεται ηλιακή ενέργεια και οργανική ύλη. (Εικ.3.1)

Στον πυθμένα της δεξαμενής, όπου το φως δεν φτάνει, υπάρχουν αναερόβια βακτηρίδια που αποδομούν τα ιζήματα που παράγονται από την καθίζηση της οργανικής ύλης. Σ' αυτήν τη φάση έχουμε επίσης έκλυση διοξειδίου του άνθρακα και μεθανίου.



Εικ.3.1: Μηχανισμοί σε λειτουργία μέσα σε φυσικές λίμνες σταθεροποίησης [12]

Όσον αφορά την τοποθεσία, η κατασκευή πρέπει να είναι τοποθετημένη σε χαμηλό σημείο, και σε μέρος όπου οι άνεμοι που κυριαρχούν συμβάλουν στον αερισμό του επιφανειακού στρώματος νερού.

Δεν πρέπει να υπάρχουν δένδρα σε απόσταση κάτω των 10 μέτρων, προκειμένου οι ρίζες να μη μπορούν να δημιουργήσουν ειδικές διόδους στα αναχώματα. Εξάλλου η πτώση των φύλλων μέσα στις δεξαμενές μπορεί να δημιουργήσει ένα οργανικό υπέρβαρος όπως και κίνδυνο φραγής των έργων επικοινωνίας.

Το έδαφος πρέπει να είναι τύπου λασπο-αργιλώδες. Το υπέδαφος δεν θα πρέπει κυρίως να είναι ασβεστολιθικό (κάρστ) ή με ρωγμές.

Η περιοχή πρέπει να επιλεγεί με τρόπο ώστε να μπορεί να δημιουργεί μία ροή με βαρύτητα μέχρι τον αποδέκτη. Θα πρέπει να επιλεγεί μια τοποθεσία που να απαιτεί τον ελάχιστο βαθμό χωματοουργικών εργασιών. Τέλος τα εδάφη με υπερβολική κλίση πρέπει να αποκλειστούν λόγω των κινδύνων κατολίσθησης, διάβρωσης και τροφοδοσίας από τη λεκάνη απορροής (μία λεκάνη απορροής υπερβολικά επικλινής

θα προκαλέσει μία πολύ δυνατή και απότομη αύξηση του όγκου των όμβριων υδάτων ύστερα από μια δυνατή βροχή)[12].

Όσον αφορά τις εργασίες επιχωμάτωσης, η κλίση των φυσικά στεγανοποιημένων αναχωμάτων πρέπει να τηρεί μία σχέση H/L τουλάχιστον 1/2,5 προκειμένου:

- να ελαττωθεί η διάβρωση του έργου,
- να διευκολύνεται η συχνή συντήρηση.
- να επιτρέπεται στα μηχανήματα καθαρισμού να έχουν πρόσβαση σε όλες τις λίμνες.

Προκειμένου να προληφθεί η διάβρωση του έργου και ενδεχομένως οι φθορές που οφείλονται στα τρωκτικά, είναι χρήσιμο να φυτέψουμε γρασίδι στις όχθες πριν την τοποθέτηση νερού ή να χρησιμοποιήσουμε πλάκες μπετόν αυτο-ασφαλιζόμενες, γεωσχάρες ή οποιοδήποτε άλλο υλικό προφύλαξης των πρανών.

Τα αναχώματα πρέπει να κατασκευασθούν με διαδοχική συμπίεση στρωμάτων από 15 μέχρι 20 cm, προκειμένου να εξασφαλισθεί μία ομοιογενής συμπύκνωση μέχρι τον "πυρήνα του αναχώματος".

Η συμπύκνωση του στρώματος της κοίτης πρέπει να πραγματοποιηθεί μετά από αυτή των αναχωμάτων[12].



Εικ. 3.2: Λίμνη σταθεροποίησης

Η τοποθέτηση μιας γεωμεμβράνης είναι δυνατή αλλά παρουσιάζει το μειονέκτημα αύξησης του κόστους της επένδυσης του έργου(Εικ.3.2). Σ αυτήν την περίπτωση η κλίση των αναχωμάτων μπορεί να είναι μεγαλύτερη (μέχρι 1/1,5), οπότε η συνολική επιφάνεια των έργων θα είναι μικρότερη.

Πρέπει να προβλεφθούν συνδέσεις με σιφόνια μεταξύ των λιμνών προκειμένου να παγιδευτούν τα υδρόβια αγριόχορτα του νερού.

Είναι προτιμότερο να εγκατασταθεί μία σταθερή διακλάδωση ανακυκλοφορίας σε κάθε δεξαμενή προκειμένου να διευκολυνθούν οι ενέργειες εκκένωσης και συντήρησης.

Το τελευταίο στάδιο εργασιών είναι η πολύ γρήγορη διοχέτευση καθαρού νερού στις διάφορες λίμνες προκειμένου να σταθεροποιηθεί η αποκτηθείσα διαπερατότητα αποφεύγοντας κάθε κίνδυνο αποξήρανσης του έργου, να εξακριβωθεί η στεγανότητα και να διευκολυνθεί η έναρξη λειτουργίας του οικοσυστήματος[12].

Ο παρακάτω πίνακας δίνει μία ακριβή περιγραφή των εργασιών που πρέπει να γίνουν.

Εργασία	Ενέργεια	Παρατηρήσεις
<p>Γενική επιθεώρηση - λίστα ελέγχου:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>παρουσία τρωκτικών;</li> <li>απόφραξη έργων επικοινωνίας</li> <li>ανάπτυξη υδρόβιων αγριόχορτων,</li> <li>καλή ροή του νερού.</li> <li>έλλειψη επιπλεόντων,</li> <li>χρώμα νερού,</li> <li>έλλειψη οσμών,</li> <li>κατάσταση των αναχωμάτων.</li> </ul>	1/εβδομάδα	<p>Αυτή η εξακρίβωση πρέπει να γίνεται στο σύνολο των αναχωμάτων, μέθοδος που έχει το πλεονέκτημα να αποτρέπει την εγκατάσταση τρωκτικών.</p> <p>Εξ άλλου, οι μέθοδοι καταπολέμησης των υδρόβιων αγριόχορτων είναι είτε προληπτικές με την εγκατάσταση νήσων (πάπιες) είτε διορθωτικές με την αποψίλωση των φυτών (π.χ. με μαδέρι που επιπλέει).</p>
Συντήρηση των έργων προεπεξεργασίας.	1/εβδομάδα	Πρόκειται για την εμπόδιση της φόρτισης του δικτύου ή της διακλάδωσης ανακυκλοφορίας από τις εκροές αποβλήτων και την αποφυγή των δυσάρεστων οσμών.
Ξεχορτάρισμα με το χέρι των αναχωμάτων και των όχθων των λιμνών και της φυτικής ζώνης (ή με βόσκηση προβάτων)	2 με 4/χρόνο	Το όλο θέμα είναι να συντηρήσουμε την πρόσβαση στα υδροφόρα στρώματα, να ελαττώσουμε την εγκατάσταση τρωκτικών, και την ανάπτυξη προνυμφών εντομών και να ελέγξουμε την κατάσταση των οχθών.
Μερικός καθαρισμός του κώνου ιζηματογένεσης (είσοδος πρώτης λίμνης)	1 με 2/χρόνο	Πρέπει να πραγματοποιηθεί με υγρή άντληση.

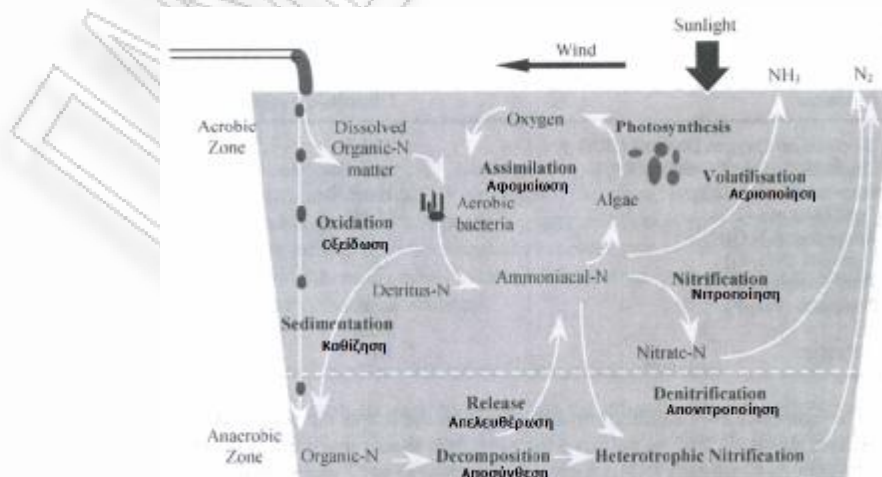
Καθάρισμα των λιμνών	Κάθε 5 με 10 χρόνια, ανάλογα με το πραγματικό βάρος που επιδέχτηκε για την πρώτη δεξαμενή και κάθε 20 χρόνια για τις επόμενες δεξαμενές	Πρέπει να τίθεται σε λειτουργία όταν ο όγκος της λάσπης φθάνει το 30% του όγκου της δεξαμενής. Δύο μέθοδοι συντήρησης χρησιμοποιούνται συνήθως: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Με μηχανήματα συνεργείου, μετά την εκκένωση της δεξαμενής. Αυτό υποχρεώνει την παρουσία μίας σταθερής διακλάδωσης ανακυκλοφορίας σε κάθε δεξαμενή,</li> <li>• Με άντληση, χωρίς προηγούμενη εκκένωση, λεγόμενη "υποβρύχια εκκένωση".</li> </ul>
----------------------	---	--

Πιν.3.1: Εργασίες συντήρησης σε λίμνη σταθεροποίησης[12]

Όσον αφορά τις αποδόσεις, στις λίμνες σταθεροποίησης η απομάκρυνση των θρεπτικών ποικίλλει, τόσο ανάλογα με την εποχή και τις συνθήκες που επικρατούν (ηλιοφάνεια - άνεμος), όσο και μεταξύ των συστημάτων παρόμοιου σχεδιασμού. Η αποτελεσματικότητα απομάκρυνσης του αζώτου είναι συνήθως μικρότερη του 70%, αν και οι τιμές σύμφωνα με την βιβλιογραφία κυμαίνονται από 9% έως 95%, ενώ για το αμμωνιακό-N η αποτελεσματικότητα απομάκρυνσης κυμαίνεται μεταξύ 0% και 95%.

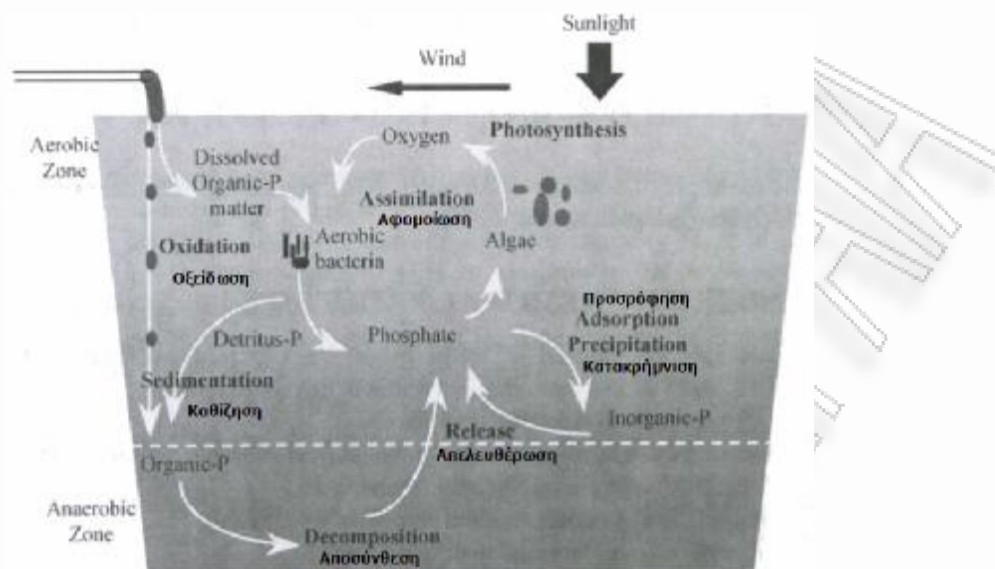
Η μείωση του φωσφόρου είναι αξιοσημείωτη τα πρώτα έτη (> 60%). κατόπιν ελαττώνεται για να φθάσει σε μηδενική απόδοση σε 20 περίπου χρόνια. Αυτή η ελάττωση οφείλεται στην αποδέσμευση του φωσφόρου από τον βούρκο του πυθμένα. Οι αρχικές συνθήκες θα αποκατασταθούν με την συντήρηση των λιμνών (εφόσον το περιβάλλον είναι ευαίσθητο στο φώσφορο, η συντήρηση πρέπει να γίνεται κάθε 10 και όχι κάθε 20 χρόνια)[7].

Στις εικόνες που ακολουθούν(Εικ.3.3-3.4) δίδεται η διαδικασία με την οποία γίνεται η απομάκρυνση του αζώτου και του φωσφόρου αντίστοιχα:



Εικ.3.3: Διαδικασία απομάκρυνσης αζώτου σε δεξαμενές σταθεροποίησης[7]





Εικ.3.4: Διαδικασία απομάκρυνσης φωσφόρου σε δεξαμενές σταθεροποίησης[7]

Η μείωση του μικροβιακού φορτίου είναι σημαντική, ιδιαίτερα το καλοκαίρι. Αυτή η απόδοση συνδέεται με το μεγάλο χρόνο παραμονής των υγρών αποβλήτων (της τάξης των 70 ημερών για μία ολοκληρωμένη επεξεργασία).

### 3.2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα λιμνών σταθεροποίησης

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι λίμνες σταθεροποίησης ως φυσικό σύστημα επεξεργασίας λυμάτων είναι τα εξής[12]:

- Η παροχή ενέργειας δεν είναι αναγκαία αν η διαφορά στάθμης είναι ευνοϊκή.
- Η λειτουργία παραμένει απλή, αλλά αν η ολοκληρωμένη συντήρηση δεν πραγματοποιηθεί έγκαιρα, η πτώση της απόδοσης της λίμνης σταθεροποίησης είναι αισθητή,
- Αποβάλλει μεγάλο μέρος θρεπτικών: φώσφορο και άζωτο (το καλοκαίρι)
- Πολύ καλή αποβολή παθογόνων μικροβίων το καλοκαίρι (4-5 logs), καλή τον χειμώνα (3 logs).
- Προσαρμόζεται καλά στις δυνατές εναλλαγές του υδραυλικού φορτίου,
- Δεν υπάρχουν μόνιμες κατασκευές, τα έργα πολιτικού μηχανικού είναι απλά,
- Καλή ενσωμάτωση στο τοπίο.

- Απουσία ηχορύπανσης.
- Οι λάσπες από τον καθαρισμό είναι σταθεροποιημένες (εκτός αυτών που βρίσκονται στην αρχή της πρώτης λίμνης) και εύκολες να χρησιμοποιηθούν σε αγροτικό έδαφος.

Αντίστοιχα τα τεχνικά μειονεκτήματα είναι:

- Απαιτείται μεγάλη επιφάνεια του εδάφους.
- Κόστος επένδυσης εξαρτώμενο κατά πολύ από τη φύση του υπεδάφους. Σε αμμώδες έδαφος ή ασταθές, είναι προτιμότερο να μην επιλέξουμε αυτού του τύπου τις λίμνες.
- Λιγότερες αποδόσεις από τις εντατικές διαδικασίες σε οργανική ύλη. Ωστόσο, η απόρριψη οργανικής ύλης πραγματοποιείται με τη μορφή φυκών, γεγονός που έχει λιγότερες δυσμενείς επιπτώσεις από ένα διαλυμένο οργανικό σώμα για την οξυγόνωση της ζώνης κατάντι. Παρόλα αυτά η απόρριψη αυτή παραμένει χαμηλή κατά το καλοκαίρι (εξατμισοδιαπνοή), που είναι η πιο δυσμενής περίοδος για τα υδατορέματα, γεγονός που συνεπάγεται εξαιρετικές αποδόσεις σε παροχή εκροής.
- Ποιότητα απόρριψης διαφορετική ανάλογα με τις εποχές.

## 4. Πηγές ρύπανσης υδάτων

### 4.1. Γενικά

Ο προσδιορισμός της προέλευσης και της ποιότητας των νερών που εισρέουν προς τη λίμνη και εκρέουν από αυτήν όσο και ο εντοπισμός των πιθανών πηγών ρύπανσης είναι ιδιαίτερα δύσκολος εξαιτίας του γεγονότος ότι στο λεκανοπέδιο των Ιωαννίνων αναπτύσσεται μια εκτεταμένη πόλη στην οποία η αποχέτευση των υδάτων της πραγματοποιείται μέσω καταβοθρών που αναπτύσσονται στην περιοχή που χαρακτηρίζεται από έντονα καρστικά φαινόμενα.

Για την εξέταση των πηγών ρύπανσης των υδάτων στην περιοχή μελέτης κρίνεται σκόπιμο να διερευνηθεί η χωροθέτηση και οι υφιστάμενες χρήσεις γης.

Συγκεκριμένα ο Δήμος Παμβώτιδας, στα όρια του οποίου μελετάται η κατασκευή του Περιβαλλοντικού Πάρκου, βρίσκεται σε στρατηγικό σημείο, αφού είναι άμεσα συνδεδεμένος α) με την Εγνατία Οδό και μελλοντικά με την Ιόνια Οδό και τη σιδηροδρομική γραμμή, β) τις περιοχές συγκέντρωσης βιομηχανίας - βιοτεχνίας, εμπορικών και άλλων δραστηριοτήτων στο Λεκανοπέδιο και γ) με άξονες ανάπτυξης άλλων δραστηριοτήτων που συναρτώνται με την παρουσία του Πανεπιστημίου, του Νοσοκομείου, της Γεωργικής Σχολής, αθλητικών εγκαταστάσεων υπερτοπικής εμβέλειας (Πανηπειρωτικό Στάδιο) κλπ. [40]

Ως εκ τούτου, οι διακριτοί ρόλοι τους οποίους ο Δήμος Παμβώτιδος θα μπορούσε να αναλάβει επιτυχώς έχουν ως εξής:

- Ποιοτικός οικιστικός υποδοχέας της πόλης των Ιωαννίνων και περιχώρων.
- Υποδοχέας νέας τεχνολογίας (παραγωγικής διαδικασίας, ελέγχου προϊόντων, μεθόδων) όλων των οικονομικών τομέων.
- Υποδοχέας εκπαιδευτικών - ερευνητικών και περιβαλλοντικών δραστηριοτήτων.
- Υποδοχέας νέων καινοτόμων δραστηριοτήτων στο λιμναίο και παραλίμνιο σύστημα.

- Υποδοχέας τουρισμού και αναψυχής καινοτόμου και εξειδικευμένου προσανατολισμού (πολιτιστικός, φυσιολατρικός, ναυαθλητικός, αεραθλητισμός, μηχανοκίνητος).
- Υποδοχέας συγκεκριμένων δραστηριοτήτων άμεσα συνδεδεμένων με τη γειννίαση Εγνατίας Οδού, Ιόνιας Οδού, κλπ.
- Πόλος μείωσης της εξάρτησης της μείζονος περιοχής Ιωαννίνων σε προϊόντα του πρωτογενή τομέα.

Σκοπός του παρόντος κεφαλαίου είναι να γίνει μια προσπάθεια προσέγγισης της προέλευσης και ποιότητας των υδάτων που θα εισρέουν στην έκταση του μελλοντικού Περιβαλλοντικού Πάρκου. Πρόκειται για νερά που προέρχονται από τις γύρω εκτάσεις και μέχρι την παρούσα κατάσταση καταλήγουν στη λίμνη. Η σημασία τους έγκειται στο γεγονός ότι θα τροφοδοτούν τις τεχνητές λίμνες του Πάρκου, μεγάλης αξίας για την βιοποικιλότητα.

## 4.2. Χρήσεις γης

Οι χρήσεις γης για τα έτη 1971, 1981, 1991 της ευρύτερης περιοχής των Ιωαννίνων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Από αυτόν προκύπτει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της έκτασης καταλαμβάνουν οι βοσκότοποι και ακολουθούν οι καλλιεργούμενες εκτάσεις. Όπως φαίνεται οι τελευταίες έχουν μειωθεί κατά 10.000 στρέμματα, περίπου, από το 1971 έως το 1991 ενώ έχουν αυξηθεί οι βοσκότοποι και οι εκτάσεις για οικιστική χρήση.[40]

Αξίζει να σημειωθεί ότι στις θεσμοθετημένες χρήσεις της ευρύτερης περιοχής περιλαμβάνεται και η Λίμνη Παμβώτιδα και η περιμετρική αυτής περιοχή, που έχει κηρυχτεί ως ιστορικός τόπος με την ΥΑ 4425/212/75/4-3-77 και ως τοπίο ιδιαίτερου φυσικού κάλλους με το ΦΕΚ 266/21-3-77 τβ'.

	Νέος Δήμος	Σύνολο εκτάσεων	Καλλιεργούμ. εκτάσεις	Βοσκότοποι		Δάση	Εκτάσεις που καλύπτονται από νερά	Οικιστική ή χρήση	Άλλες εκτάσεις
				Κοινοτικοί ή δημοτικοί	Άλλοι (ιδιωτικοί, κλπ)				
1971	Ανατολής	18,8	9,1	3,8	2,1	0,2	0,8	2,8	0
	Ιωαννιτών	46,6	6,7	13,3	6	3,8	4,6	12,2	0,1
	Μπιζανίου	88,5	26,6	41,1	16,4	0,7	0	2,7	1
	Παμβώτιδος	143,1	41,2	52,1	31,9	5,8	4	8,1	3,3
	Πασαρώνας	134,7	37	44	43	3,5	1,1	6,1	1,1
	Περάματος	80,6	10,6	41,7	14,4	8,1	2	3,8	0,7
	Κοινότητα Νήσου Ιωαννίνων	4,3	-	-	0,3	0,4	3,5	0,1	-
	<b>Σύνολο</b>	<b>476,4</b>	<b>159,5</b>	<b>177,7</b>	<b>75,9</b>	<b>20,1</b>	<b>12,8</b>	<b>24,9</b>	<b>5,5</b>
	<b>Ποσοστό</b>		<b>33,5%</b>	<b>37,3%</b>	<b>15,9%</b>	<b>4,2%</b>	<b>2,7%</b>	<b>5,2%</b>	<b>1,2%</b>
1981	Ανατολής	18,9	10,4	3,8	1,6	0,2	0,8	2,1	0
	Ιωαννιτών	49,8	9,4	12,4	7,4	4,2	4,6	8,3	3,5
	Μπιζανίου	88,5	25,3	38,7	19,4	1,6	0	2,5	1
	Παμβώτιδος	117,5	40,1	42,5	15,9	5	4,9	6,8	2,3
	Πασαρώνας	135,3	44	42,3	36,8	5,6	1,1	4,4	1,1
	Περάματος	81,3	11	40,1	14,7	7,9	3,9	3,1	0,6
	Κοινότητα Νήσου Ιωαννίνων	4,3	-	-	0,3	0,4	3,5	0,1	-
	<b>Σύνολο</b>	<b>495,6</b>	<b>140,2</b>	<b>179,8</b>	<b>96,1</b>	<b>24,9</b>	<b>18,8</b>	<b>27,3</b>	<b>8,5</b>
	<b>Ποσοστό</b>		<b>28,3%</b>	<b>36,3%</b>	<b>19,4%</b>	<b>5,0%</b>	<b>3,8%</b>	<b>5,5%</b>	<b>1,7%</b>
1991	Ανατολής	22,2	10,9	7	2,9	0,2	0,1	1,1	0
	Ιωαννιτών	47,9	15,6	12,4	2,9	4,1	4,6	7,3	1
	Μπιζανίου	88,6	19	42,7	21,6	1,6	0	2,7	1
	Παμβώτιδος	117,2	40	40,6	17,8	7	2,2	7,3	2,3
	Πασαρώνας	136,9	54,1	42,7	28,9	4,3	1,8	4,3	0,8
	Περάματος	59,7	12,3	33,9	7	3,4	0,6	2,1	0,4
	Κοινότητα Νήσου Ιωαννίνων	4	-	-	-	0,4	3,5	0,1	-
	<b>Σύνολο</b>	<b>516,7</b>	<b>123,6</b>	<b>197,6</b>	<b>119,3</b>	<b>23,4</b>	<b>16</b>	<b>35,8</b>	<b>6,2</b>
	<b>Ποσοστό</b>		<b>23,9%</b>	<b>46,2%</b>	<b>27,9%</b>	<b>5,5%</b>	<b>3,7%</b>	<b>8,4%</b>	<b>1,4%</b>

Πιν.4.1. Χρήσεις γης ανά Νέο Δήμο για τα έτη 1971, 1981, 1991, εκτάσεις σε χιλιάδες στρέμματα[9]

Όσον αφορά τις γεωργικές εκτάσεις από τα στοιχεία του Πίνακα 4.2. προκύπτει ότι από το σύνολο των καλλιεργούμενων εκτάσεων (συμπεριλαμβανομένων και των άγονων βοσκότοπων) του Νομού Ιωαννίνων, το 32.4% ανήκει στην ευρύτερη περιοχή των Ιωαννίνων και καταλαμβάνει 138829 στρέμματα.[16]

Νέοι Δήμοι	Εκμεταλλεύσεις με καλλιεργούμενες εκτάσεις	Αριθμός αγροτεμαχ.	Σύνολο καλλιεργούμενων εκτάσεων (περιλαμβάνονται και οι άγονοι Βοσκότοποι)	Μέση έκταση κατά αγροτεμάχ.
Ανατολής	238	1047	7742	7,5
Ιωαννιτών	662	2711	19675	7,1
Μπιζανίου	579	4679	26213	5,9
<b>Παμβώτιδος</b>	<b>1645</b>	<b>7712</b>	<b>35059</b>	<b>5,3</b>
Πασαρώνας	1299	8201	41269	6,0
Περάματος	379	1398	8871	5,9
Κ. Νήσου Ιωαννίνων	-	-	-	-
<b>Σύνολο περιοχής</b>	<b>4802</b>	<b>25748</b>	<b>138829</b>	<b>6,3</b>
<b>Νομός Ιωαννίνων</b>	<b>14585</b>	<b>86011</b>	<b>428662</b>	<b>5,0</b>
<b>% του νομού</b>	<b>32,9</b>	<b>29,9</b>	<b>32,4</b>	

Πιν.4.2. Τεμαχισμός των γεωργικών εκμεταλλεύσεων(εκτάσεις σε στρέμματα) [16]

Τα στοιχεία του Πίνακα 4.3 είναι κατά τι διαφοροποιημένα, διότι δε συμπεριλαμβάνουν την κατηγορία των άγονων βοσκότοπων. Βάσει του Πίνακα αυτού, ο Δήμος Παμβώτιδος έρχεται πρώτος στο σύνολο των καλλιεργούμενων εκτάσεων (αριθμώντας 36689 στρέμματα)

Νέοι Δήμοι	Εκμεταλλεύσεις		Εκτάσεις	Εκτάσεις κατά είδος καλλιέργειας							
	Σύνολο	Από αυτές, καλλιεργ/νη έκταση		Ετήσιες καλλιέργειες		Δενδρώδεις καλλιέργειες		Αμπέλια και Σταφιδάμπελα		Λοιπές εκτάσεις (Λιβάδια, βοσκότοποι, οικογ/κοί λαχανόκηποι και αγραναπαύσεις)	
				Εκμ.	Εκτ	Εκμ.	Εκτ	Εκμ.	Εκτ	Εκμ.	Εκτ
Ανατολής	245	238	7743	164	1905	8	51	11	14	216	5773
Ιωαννιτών	675	662	12970	394	4764	130	1044	200	360	470	6802
Μπιζανίου	581	579	24903	491	7670	7	38	117	162	526	17033
Παμβώτιδος	1654	1645	32689	1539	17214	35	130	275	449	1302	14896
Πασαρώνος	1300	1299	31464	1020	18761	25	87	582	1135	931	11481
Περάματος	380	379	8442	350	4590	8	29	21	32	294	3791
Κ.Νήσου Ιωαννίνων	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Σύνολο</b>	<b>4835</b>	<b>4802</b>	<b>118211</b>	<b>3958</b>	<b>54904</b>	<b>213</b>	<b>1379</b>	<b>1206</b>	<b>2152</b>	<b>3739</b>	<b>59776</b>
<b>Νομός Ιωαννίνων</b>	<b>14774</b>	<b>14585</b>	<b>362131</b>	<b>12081</b>	<b>154172</b>	<b>1500</b>	<b>5910</b>	<b>2868</b>	<b>5127</b>	<b>12209</b>	<b>196922</b>
<b>% του νομού</b>	<b>32,7</b>	<b>32,9</b>	<b>32,6</b>	<b>32,8</b>	<b>35,6</b>	<b>14,2</b>	<b>23,3</b>	<b>42,1</b>	<b>42,0</b>	<b>30,6</b>	<b>30,4</b>

Πιν.4.3: Εκμεταλλεύσεις και εκτάσεις αυτών κατά είδος καλλιέργειας(εκτάσεις σε στρέμματα)[9]

### 4.3. Δίκτυο Ύδρευσης

Τα έργα ύδρευσης και αποχέτευσης ανήκουν στην περιοχή ευθύνης της Δημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης Αποχέτευσης Ιωαννίνων (Δ.Ε.Υ.Α.Ι.), που συστάθηκε με το Ν. 1069/80. Η Δ.Ε.Υ.Α.Ι. εξυπηρετεί τις ανάγκες του πολεοδομικού συγκροτήματος Ιωαννίνων καθώς και μέρος των αναγκών των Δ.Δ. Ανατολής, Περάματος και Κρύας.

Ο συνολικά εξυπηρετούμενος πληθυσμός του δικτύου ύδρευσης Ιωαννίνων εκτιμάται σε περίπου 90.000 ισοδύναμους κατοίκους, λαμβάνοντας υπόψη τις υπάρχουσες χρήσεις νερού και τον επίσημα απογεγραμμένο μόνιμο πληθυσμό της πόλης, καθώς και τις στρατιωτικές μονάδες, τους ειδικούς καταναλωτές, τα πανεπιστημιακά ιδρύματα και τους ετεροδημότες που κατοικούν στην πόλη [9].

Η ύδρευση της πόλης εξασφαλίζεται από την πηγή της Κρύας (Πιν.4.4) που βρίσκεται σε απόσταση 8 χλμ. από την πόλη και από 5 γεωτρήσεις στην ίδια περιοχή. Τα νερά του Β.Δ. τμήματος του όρους Μιτσικέλι, δημιουργούν τον κύριο υδροφόρο ορίζοντα του Λεκανοπεδίου, ο οποίος όταν είναι πλήρης, υπερχειλίζει μέσω των πηγών Κρύας και Τούμπας.

Έτος	Αντληθείσα Ποσότητα	Αύξηση %
1991	7,590,589	
1992	7,411,731	-2.36
1993	8,029,984	+8.35
1994	8,763,348	+9.13
1995	8,713,088	-0.57
1996	9,028,169	+3.62
1997	9,211,966	+2.03
1998	9,718,982	+5.50
1999	9,740,359	+0.22
2000	10,005,257	+2.72

Πιν.4.4. Αντληθείσες ποσότητες νερού για κάλυψη αναγκών ύδρευσης πόλης Ιωαννίνων[9]

Για την υπόλοιπη περιοχή, ευθύνη για την ύδρευση έχει ο Σύνδεσμος Ύδρευσης Κοινοτήτων Λεκανοπεδίου Ιωαννίνων (Σ.Υ.Κ.Λ.Ι.). Ανάμεσα στις περιοχές που βρίσκονται στην αρμοδιότητά του είναι και, ο Δήμος Ανατολής (Δ.Δ. Ανατολής, Μπάφρας, Νεοκαισάρειας), και ο Δήμος Παμβώτιδος (Δ.Δ. Κατσικά, Κουσελιού, Χαροκοπίου).



Από την ημέρα της σύστασης της Δημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης Αποχέτευσης Ιωαννίνων μέχρι και σήμερα, αναπτύχθηκε ένα πλούσιο κατασκευαστικό έργο με στόχο τη συνεχή και αδιάκοπη υδροδότηση με καθαρό νερό των κατοίκων της πόλης. Ενδεικτικά, αναφέρονται η αντικατάσταση μέρους του δικτύου ύδρευσης και η βελτίωση των συστημάτων ύδρευσης.[9]

Οι ανάγκες ύδρευσης του Λεκανοπεδίου καλύπτονται ικανοποιητικά από τους υπάρχοντες υδατικούς πόρους. Παρ' όλ' αυτά θεωρείται ότι γίνεται υπεράντληση και σπατάλη νερού είτε σε απώλειες λόγω παλαιότητας του δικτύου (κυρίως στο δίκτυο της Δ.Ε.Υ.Α.Ι.) είτε από τη χρήση του νερού για άρδευση (κυρίως στο δίκτυο του Σ.Υ.Δ.Κ.Λ.Ι.). Είναι χαρακτηριστικό ότι κατά τις ημέρες των μεγάλων καταναλώσεων του καλοκαιριού αντλούνται από τον Σ.Υ.Δ.Κ.Λ.Ι. 40.000m<sup>3</sup> νερού που υπό κανονικές συνθήκες θα αντιστοιχούσαν σε ανάγκες ύδρευσης 130.000 κατοίκων και εντούτοις παρατηρούνται προβλήματα στην υδροδότηση με συνέπεια πολύωρες διακοπές.[40]

#### **4.4. Αποχέτευση ομβρίων**

Τα όμβρια της πόλης οδηγούνται με 17 κύριους συλλεκτήρες στη λίμνη Παμβώτιδα. Δεν υπάρχει, ούτε προβλέπεται να υπάρξει, ενδιάμεση επεξεργασία [40]. Με τη μεταφορά των ομβρίων μεταφέρονται ρύποι που προέρχονται από την έκπλυση των δρόμων, αλλά και οργανικά φορτία από παράνομες συνδέσεις δραστηριοτήτων που δεν είναι ακόμα συνδεδεμένες στο δίκτυο ακαθάρτων. Η Διαχειριστική Μελέτη της Λίμνης εκτιμά ότι ένα 10% των αστικών λυμάτων εξακολουθεί να διοχετεύεται παράνομα στο δίκτυο ομβρίων της πόλης. Εκτιμάται ότι τα τελευταία χρόνια με την επέκταση των συνδέσεων με το δίκτυο ακαθάρτων το πρόβλημα αυτό ελαχιστοποιείται.

Οι συλλεκτήρες ομβρίων καλύπτουν τις κύριες οδούς πλήρως, όμως το δίκτυο δευτερευόντων αγωγών είναι σχετικά περιορισμένο. Υπάρχει πρόγραμμα κατασκευής αγωγών ομβρίων και ακαθάρτων σε μικρότερες οδούς. Δίκτυα ομβρίων δεν διαθέτουν οι περιοχές Σεισμόπληκτα, Τσιφλικόπουλα Δροσιά και Πεντέλη όπως και τα νέα Δημοτικά Διαμερίσματα.

Δίκτυα αποχέτευσης ομβρίων υπάρχουν και στις κεντρικές οδούς αρκετών Δ.Δ. των άλλων Δήμων του Λεκανοπεδίου τα οποία οδηγούνται από τους μεν παραλίμιους Δήμους στην λίμνη Παμβώτιδα και από τους άλλους σε παρακείμενα ρέματα ή τάφρους.

#### **4.5. Αποχέτευση ακαθάρτων**

Το δίκτυο ακαθάρτων της πόλης των Ιωαννίνων προορίζεται μόνο για οικιακά λύματα. Εκτείνεται σε ολόκληρο το ρυμοτομικό σχέδιο της πόλης, σχεδόν 3.500 στρ. και επιπλέον στο Δ.Δ. Ανατολής καθώς και στην προβλεπόμενη επέκταση της πόλης. 4.500 στρ. Περιλαμβάνει ακόμη τα Δ.Δ. Περάματος, Κρύας, Ελεούσας, Αγ. Ιωάννου, Κατσικά και την Πανεπιστημιούπολη Ιωαννίνων. Προγραμματίζεται η κατασκευή δευτερευόντων αγωγών στις οδούς όπου θα κατασκευαστούν και αγωγοί ομβρίων. Δεν διαθέτουν δίκτυο ακαθάρτων οι περιοχές Σεισμόπληκτα (εκτός από το ανατολικό τμήμα), Τσιφλικόπουλα Δροσιά, Πεντέλη. Όλες αυτές οι περιοχές εξυπηρετούνται σήμερα με βόθρους όπως και τα νέα Δ.Δ. που προσαρτήθηκαν στο Δήμο.[40]

Όσον αφορά τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, τα ακάθαρτα καταλήγουν σε εγκατάσταση βιολογικού καθαρισμού που βρίσκεται στο Δήμο Περάματος (κοντά στον οικισμό της Κρύας), όπου επεξεργάζονται και τα βοθρολύματα της περιοχής. Η εγκατάσταση μετά την τελευταία επέκταση και την αναβάθμιση της με τριτοβάθμια βιολογική επεξεργασία προβλέπεται να εξυπηρετήσει 135.000 κατοίκους, με χρονικό ορίζοντα το 2026. Μετά την επεξεργασία τα λύματα διοχετεύονται στην τάφρο της Λαψίστας και μέσω αυτής στον ποταμό Καλαμά, που διασχίζει το Νομό Θεσπρωτίας και εκβάλλει στο Ιόνιο Πέλαγος. Η μεταφορά των επεξεργασμένων λυμάτων από τις δεξαμενές στην Τάφρο γίνεται μέσω καναλιών και όχι με αγωγούς. Δυστυχώς εμφανίζονται προβλήματα στη λειτουργία του εργοστασίου βιολογικού καθαρισμού με αποτέλεσμα να έχουν σημειωθεί περιπτώσεις που ξεχείλισε. [45]



Εικ. 4.1. Τριτοβάθμιος βιολογικός καθαρισμός Ιωαννίνων.[45]

Οι βιοτεχνίες και βιομηχανίες που βρίσκονται στην περιοχή δε διαθέτουν στη συντριπτική πλειοψηφία τους βιολογικούς καθαρισμούς. Εξαιρέση αποτελούν η Αγροτική Βιομηχανία Γάλακτος Ηπείρου «Δωδώνη», το τυροκομείο της ΦΑΓΕ «Πίνδος», η Μεταλλουργική στο Κεφαλόβρυσο, η βιομηχανία εμποτισμού ξυλείας «ΕΛΒΙΕΞ», τα βιομηχανικά σφαγεία ΣΒΕΚΗ, ο Αγροτικός Πτηνοτροφικός Συνεταιρισμός Ιωαννίνων «Πίνδος» και οι πτηνοτροφικές επιχειρήσεις Θ. Νιτσιάκος ΑΒΕΕ. Ιδιαίτερη εντύπωση προκαλεί το γεγονός ότι στη ΒΙΠΕ Ιωαννίνων δεν υπάρχει ούτε μία βιομηχανία που να διαθέτει βιολογικό καθαρισμό. [9]

Δήμος	Υφιστάμενη Κατάσταση
Δήμος Πασαρώνος	- χρήση απορροφητικών και σηπτικών βόθρων - τα βοθρολύματα οδηγούνται στη ΕΕΛ Ιωαννίνων
Δήμος Περάματος	95% χρήση απορροφητικών βόθρων – διάθεση στο υπέδαφος
Δήμος Ιωαννίνων	- 70% χωριστικό αποχετευτικό δίκτυο που οδεύει στην ΕΕΛ - 30% χρήση σηπτικών βόθρων – βοθρολύματα οδηγούνται στην ΕΕΛ - ΕΕΛ με δευτεροβάθμια επεξεργασία – επεξεργασμένα καταλήγουν στην τάφρο Λαψίστας
Κοινότητα Νήσου Ιωαννίνων	- χρήση απορροφητικών βόθρων- διάθεση στο υπέδαφος - έχει κατασκευαστεί χωριστικό αποχετευτικό δίκτυο κατά 80%
Δήμος Παμβώτιδος	- χρήση στεγανών βόθρων - τα βοθρολύματα διατίθενται στην ΕΕΛ Ιωαννίνων
Δήμος Ανατολής	- 30% χωριστικό αποχετευτικό δίκτυο το οποίο καταλήγει στη λίμνη Παμβώτιδα - 70% χρησιμοποιούν σηπτικούς βόθρους -τα βοθρολύματα οδηγούνται στην ΕΕΛ Ιωαννίνων

Πιν.4.5: Σχέδιο Διαχείρισης Λυμάτων Λεκανοπεδίου Ιωαννίνων [10]

Από τον παραπάνω πίνακα συμπεραίνεται ότι το 70% των νοικοκυριών της πόλης των Ιωαννίνων είναι συνδεδεμένα με το αποχετευτικό δίκτυο και τα λύματά τους οδηγούνται στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ), με τελικό αποδέκτη την τάφρο της Λαψίστης και μετά τον ποταμό Καλαμά. Το υπόλοιπο 30% εξυπηρετείται με σηπτικούς βόθρους τα βοθρολύματα των οποίων οδηγούνται στην ΕΕΛ. Παρόλα αυτά υπάρχει ένας αριθμός νοικοκυριών που οι βόθροι τους είναι παράνομα συνδεδεμένοι με το δίκτυο των ομβρίων. Το ποσό των παράνομων συνδεδεμένων βόθρων δεν είναι δυνατό να προσδιοριστεί ακριβώς.

Στην περιοχή δεν έχει διαμορφωθεί ούτε ακολουθείται κάποια συγκεκριμένη στρατηγική διαχείρισης των εδαφών. Τα κύρια σημεία της διαχείρισης των εδαφών προέρχονται από κάποιες γενικές κατευθύνσεις που υπάρχουν διάσπαρτες στην εθνική και ευρωπαϊκή νομοθεσία.[9]

#### **4.6. Απορρίμματα**

Σήμερα λειτουργεί ένας ελεγχόμενος χώρος διάθεσης απορριμμάτων (χωματερή), όπου μεταφέρονται τα απορρίμματα της πόλης και πολλών Δ.Δ. του Λεκανοπεδίου Ιωαννίνων. Πρόκειται για την χωματερή της Δουρούτης που βρίσκεται στο Δήμο Μπιζανίου σε μικρή απόσταση από το Πανεπιστήμιο και το Νοσοκομείο. Η χωματερή έκτασης 60στρ. αν κι έχει αναβαθμιστεί σε σχέση με το παρελθόν, εξακολουθεί να μην ανταποκρίνεται στις σύγχρονες απαιτήσεις και χρειάζεται εξυγίανση και αποκατάσταση. Η διαχείριση της γίνεται από το Δήμο ενώ δεν έχει συσταθεί δημοτική επιχείρηση με τέτοιο αντικείμενο.[9]

Η δυναμικότητα της χωματερής είναι 500m<sup>3</sup>/ημέρα ενώ οι παραγόμενες ποσότητες απορριμμάτων, που είναι οικιακής κυρίως προέλευσης, ανέρχονται κατ' εκτίμηση σε 465 m<sup>3</sup>/ημέρα. Δεν υπάρχει πρόγραμμα ανακύκλωσης των απορριμμάτων. Ο χώρος ελεγχόμενης διάθεσης εξυπηρετεί τους Δήμους Ιωαννιτών, Παμβώτιδος, Περάματος, Πασσαρώνος, Δωδώνης, Εκάλης, Ανατολής και Μπιτζανίου. Υπάρχουν έντονες πιέσεις για κλείσιμο της χωματερής της Δουρούτης με την επίσπευση της κατασκευής του νέου ΧΥΤΑ. Τα υπόλοιπα Δ.Δ., που δεν εξυπηρετούνται από τον παραπάνω ΧΥΤΑ, χρησιμοποιούν ανεξέλεγκτες χωματερές. Στον πίνακα (Πιν.4.6) που ακολουθεί παρατίθενται αναλυτικά οι χώροι, όπου γίνεται ανεξέλεγκτη διάθεση απορριμμάτων.

[10]

Ο.Τ.Α	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ
ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ	ΓΟΡΙΤΣΑ
ΑΓ. ΜΗΝΑΣ	ΤΣΟΥΚΑ
ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΛΑΤΟΜΕΙΟ
ΑΝΩ ΛΑΨΙΣΤΑ	1 ΧΛΜ. ΑΠΟ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ
ΑΝΩ ΠΕΔΙΝΑ	ΑΓ.ΘΕΟΔΩΡΟΙ
ΑΝΩ ΡΑΒΕΝΙΑ	ΜΕΓΑΛΗ ΜΟΥΡΣΑ
ΑΡΔΟΣΗ	ΠΟΥΡΝΑΡΑΚΙ
ΑΡΕΤΗ	ΑΓ.ΜΑΡΚΟΣ
ΑΡΙΣΤΗ	ΡΙΖΑ
ΑΣΒΕΣΤΟΧΩΡΙ	ΛΑΤΟΜΕΙΟ ΜΑΡΜΑΡΩΝ
ΑΣΠΡΑΓΓΕΛΟΙ	ΛΕΙΒΑΔΑΚΙ
ΒΑΣΙΛΙΚΗ	ΜΠΟΥΚΛΑ
ΒΕΡΕΝΙΚΗ	ΒΡΟΣΥΝΑ
ΒΙΤΣΑ	ΛΕΠΤΟΚΑΡΥΑ
ΒΟΒΟΥΣΑ	ΨΑΘΑ
ΒΡΥΣΟΧΩΡΙ	2 ΧΛΜ. ΑΠΟ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ
ΓΕΡΟΠΛΑΤΑΝΟΣ	ΜΑΡΙΝΟΣ
ΓΚΡΙΜΠΟΒΟ	ΓΛΙΝΑ
ΓΡΕΒΕΝΙΤΙ	ΣΚΑΛΑ
ΔΕΡΒΙΖΙΑΝΑ	ΠΑΛΙΟΣΠΙΤΟ
ΔΙΚΟΥΡΥΦΟ	ΡΙΖΟΠΛΑΚΕΣ
ΔΡΟΣΟΧΩΡΙ	ΤΣΑΚΑΡΕΛΙΑ
ΕΛΑΤΗ	2,5 ΧΛΜ. ΑΠΟ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ
ΖΙΤΣΑ	ΚΟΡΕΣΜΕΝΗ ΧΩΡΙΣ ΠΕΡΙΦΡΑΞΗ
ΖΩΟΔΟΧΟΣ	ΜΕΣΟΡΑΧΗ
ΚΑΛΕΝΤΖΙ	ΜΕΛΑΓΚΑΔΙ
ΚΑΠΕΣΟΒΟ	ΧΩΜΑΤΕΡΗ ΚΑΙ ΚΑΥΣΗ
ΚΑΡΙΤΣΑ	ΜΠΑΡΜΠΑΤΣΙΩΡΗ
ΚΑΡΥΕΣ	ΠΗΓΑΔΟΥΛΑ
ΚΑΤΑΡΡΑΚΤΗ	ΧΩΜΑΤΕΡΗ ΚΑΙ ΚΑΥΣΗ (ΠΕΡΙΦΡΑΓΜΕΝΗ)
ΚΑΤΩ ΛΑΨΙΣΤΑ	ΤΖΑΜΟΛΑΚΚΟΣ
ΚΟΥΚΛΙΑ	ΑΙΝΕΣ
ΚΡΑΝΟΥΛΑ	ΒΟΡΤΟΠΕΣ Μ. ΑΓ.ΑΠΟΣΤΟΛΟΙ
ΛΟΓΓΑΔΕΣ	0,5 ΧΛΜ. ΑΠΟ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ
ΜΑΖΑΡΑΚΙ	ΚΛΕΙΣΟΥΡΑ
ΜΕΓΑ ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	ΛΟΧΑΡΙΟ
ΜΕΣΟΒΟΥΝΙ	ΛΑΚΙΑ (ΒΛΑΧΙΝΟΥΣ ΛΑΚΙΑΣ)
ΜΟΝΟΔΕΝΔΡΙ	ΖΑΒΡΟΥΧΟΣ

ΜΙΚΡΟ ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	ΣΙΡΙΠΑΣΗ
ΝΕΟΧΩΡΙ	ΓΕΦΥΡΙΑ
ΠΑΠΙΓΚΟ	1 ΧΛΜ. ΑΠΟ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ
ΠΑΡΑΚΑΛΑΜΟΣ	ΑΓ.ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
ΠΕΤΡΑΛΩΝΑ	ΠΕΤΡΑΛΩΝΑ (ΚΑΥΣΗ)
ΠΕΤΡΟΒΟΥΝΙ	ΧΑΡΟΚΟΠΙ
ΡΕΠΕΤΙΣΤΗ	ΓΚΑΧΑΤΙΚΑ
ΡΟΔΟΤΟΠΙ	ΒΟΡΤΟΠΟΣ
ΚΟΝΙΤΣΑ	ΑΜΠΕΛΙΑ
ΑΓ.ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	ΜΥΛΟΣ ΠΑΣΙΑ
ΑΕΤΟΜΗΛΙΤΣΑ	ΑΠΟΡΔΑ
ΚΕΦΑΛΟΧΩΡΙ	ΦΟΥΡΝΟΣ
ΔΕΛΒΙΝΑΚΙ	ΔΕΛΗΓΙΑΝΝΗ
ΒΗΣΣΑΝΗ	ΒΑΘΥΛΑΚΚΟΣ
ΔΟΛΙΑΝΑ	ΜΕΓΑΛΗ ΜΟΥΡΣΑ
ΚΑΣΤΑΝΗ	ΚΕΔΡΑ – ΚΑΛΟΥΔΗ
ΒΟΤΟΝΟΣΙ	ΤΡΙΑ ΧΑΝΙΑ
ΜΗΛΕΑΣ	ΑΣΠΡΕΣ ΠΕΤΡΕΣ
ΧΡΥΣΟΒΙΤΣΑ	ΣΙΩΛΑΔΕΣ

Πιν.4.6. Χώροι ανεξέλεκτης διάθεσης απορριμμάτων, Ν. Ιωαννίνων [10]

Ο νέος ΧΥΤΑ του νομού Ιωαννίνων έχει χωροθετηθεί σε περιοχή του Δ.Δ. Ελληνικού του Δήμου Κατσανοχωρίων (Δήμος που γειτνιάζει με το Δήμο Παμβώτιδος). Η κατασκευή του νέου ΧΥΤΑ έχει δημοπρατηθεί και έχει αναδειχθεί ανάδοχος αλλά δεν έχει γίνει η εγκατάσταση του λόγω αντιδράσεων των κατοίκων της περιοχής. Επιπλέον εκκρεμεί και προσφυγή του Δήμου στο Συμβούλιο της Επικρατείας κατά της απόφασης του Γ.Π Περιφέρειας Ηπείρου για τη χωροθέτηση του ΧΥΤΑ.

Αξίζει να σημειωθεί ότι κύριοι παραγωγοί στερεών αποβλήτων, αναφερόμενοι στην ευρύτερη περιοχή των Ιωαννίνων, είναι καταρχάς ο Δήμος Ιωαννιτών (Πιν.4.7) και έπονται οι Δήμοι Παμβώτιδας, Πασαρώνος, Αγ. Δημητρίου, Ανατολής, Περάματος κ.λπ. [2]

Ν. Ιωαννίνων	ΔΗΜΟΙ		ΔΗΜΟΙ	
		ΤΝ/ΕΤΟΣ		ΤΝ/ΕΤΟΣ
		2001		2001
	ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	1.629	ΚΟΝΙΤΣΑΣ	1.794
	ΑΝ. ΖΑΓΟΡΙΟΥ	847	ΜΑΣΤΟΡΟΧΩΡΙΩΝ	528
	ΑΝΑΤΟΛΗΣ	1.589	ΜΕΤΣΟΒΟΥ	2.204
	ΔΕΛΒΙΝΑΚΙΟΥ	1.061	ΜΟΛΟΣΣΩΝ	967
	ΔΩΔΩΝΗΣ	567	ΜΠΙΖΑΝΙΟΥ	946
	ΕΓΝΑΤΙΑΣ	836	ΠΑΜΒΩΤΙΔΟΣ	2.597
	ΕΚΑΛΗΣ	517	ΠΑΣΣΑΡΩΝΟΣ	1.920
	ΕΥΡΥΜΕΝΩΝ	412	ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ	1.507
	ΚΕΝΤΡ. ΖΑΓΟΡΙΟΥ	454	ΠΡΑΜΑΝΤΩΝ	633
	ΣΕΛΛΩΝ	583	ΑΝ. ΚΑΛΑΜΑ	1.035
	ΤΥΜΦΗΣ	459	ΣΙΡΑΚΟΥ	40
	ΒΟΒΟΥΣΗΣ	34	ΚΑΤΣΑΝΟΧΩΡΙΩΝ	746
	ΜΗΛΙΑΣ	207	ΚΑΛΠΑΚΙΟΥ	803
	ΦΟΥΡΚΑΣ	53	ΛΑΚΑ ΣΟΥΛΙΟΥ	938
	ΖΙΤΣΑΣ	491	ΤΖΟΥΜΕΡΚΩΝ	425

ΙΩΑΝΝΙΤΩΝ	20.795	ΠΑΠΙΓΚΟΥ	151
ΑΝ. ΠΩΓΩΝΙΟΥ	539	ΥΠΟΛΟΙΠΕΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΕΣ Ν.ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	641
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>49.000</b>		

Πιν.4.7. Παραγωγή οικιακών απορριμμάτων Ν. Ιωαννίνων[2]

Πολύ σημαντική είναι, επίσης, η καταγραφή της σύστασης των προς διάθεση απορριμμάτων. Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζεται η σύνθεση των αστικών στερεών αποβλήτων σε επίπεδο Δήμου (για τον κυρίως Δήμο, των Ιωαννιτών).

	Οργανικά	Χαρτί	Μέταλλα	Γυαλί	Πλαστικά	Διάφορα
Δήμος Ιωαννιτών	45,2%	21,4%	4,8%	0,9%	12,2%	15,5%

Πίν.4.8: Μέση εκατοστιαία σύσταση των αστικών στερεών αποβλήτων στον Δήμο Ιωαννιτών [2]

## 4.7. Νοσοκομειακά λύματα

Στην πόλη των Ιωαννίνων λειτουργούν δύο νοσοκομεία, το νοσοκομείο Χατζηκώστα και το Περιφερειακό Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο Ιωαννίνων.

Τα λύματα του νοσοκομείου Χατζηκώστα, σύμφωνα με τις πληροφορίες των αρμόδιων υπηρεσιών, επεξεργάζονται σε μονάδα και στη συνέχεια, διοχετεύονται, μέσω αγωγού, στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων της πόλης. Έχει γίνει πρόβλεψη αγωγών για χημικά λύματα, ενώ στο νοσοκομείο υπάρχει και πυρολυτικός αποτεφρωτήρας για τα λοιμώδη απόβλητα. [40]

Όσον αφορά τον έλεγχο λειτουργίας των παραπάνω συστημάτων, αυτός πραγματοποιείται από ιδιωτική εταιρεία, δύο φορές το μήνα. Οι παράμετροι που εξετάζονται είναι το μικροβιολογικό φορτίο, τα αιωρούμενα στερεά κ.α.

Η διαχείριση των υγρών λυμάτων του δεύτερου νοσοκομείου γίνεται σε στάδια ανάλογα με την προέλευση των αποβλήτων (λιποσυλλέκτης στην κουζίνα, ελαιοδιαχωριστής στο συνεργείο, θερμική απολύμανση των αποβλήτων από τις κλινικές λοιμωδών). Στη συνέχεια τα λύματα καταλήγουν σε μονάδα δευτεροβάθμιας επεξεργασίας και διοχετεύονται μέσω αγωγού στην τάφρο Λαγκάτσα (χωρίς να υπάρχει εγκεκριμένη άδεια). Οι έλεγχοι που πραγματοποιούνται, σύμφωνα με τις πληροφορίες των αρμόδιων του νοσοκομείου είναι οι εξής[2] :

- Καθημερινός έλεγχος από τεχνικό (του νοσοκομείου) για χλώριο, PH και ογκομετρικός προσδιορισμός μικροοργανισμών.
- Εβδομαδιαίος μικροβιολογικός έλεγχος με αναλύσεις του Πανεπιστημίου.
- Δεκαπενθήμερος έλεγχος από ιδιωτική εταιρεία (η οποία κατασκεύασε τον βιολογικό καθαρισμό) με ανάλυση όλων των δεικτών λειτουργίας του.



#### **4.8. Αποστραγγιστικά-Αντιπλημμυρικά Έργα**

Κύριο στραγγιστικό και αντιπλημμυρικό έργο του Λεκανοπεδίου είναι η τάφρος της Λαψίστας η οποία μέσω σήραγγας εκβάλλει στον ποταμό Καλαμά. Μέσω της τάφρου γίνεται η αποστράγγιση του βόρειου τμήματος του Λεκανοπεδίου, η υπερχείλιση της λίμνης Παμβώτιδας κατά τους χειμερινούς μήνες καθώς και η εκροή του υπολοίπου των εγκαταστάσεων επεξεργασίας αποβλήτων της πόλης.

Το νότιο τμήμα του λεκανοπεδίου στραγγίζει στη λίμνη μέσω των τάφρων Σερβιανών και Καστρίτσας. Το δυτικό τμήμα από τη Βουνοπλαγιά μέχρι την Ανατολή στραγγίζει στην τάφρο Λαγκάτσας η οποία μέσω μικρής σήραγγας στο λόφο Ανατολής εκβάλλει στη λίμνη. Τα χαμηλότερα τμήματα του Λεκανοπεδίου στραγγίζουν σε καταβόθρες (Καστρίτσας, Πεδινής, Ροδοτοπίου και Μπιζανίου).

Προβλήματα αποχέτευσης παρατηρούνται στις περιοχές που βρίσκονται στη νοτιοδυτική πλευρά της λίμνης όπως στα χαμηλά σημεία της πόλης (Λασπότοπος) και στα χαμηλά σημεία των οικισμών Ανατολής και Κατσικά. Προβλήματα αναμένεται να δημιουργηθούν και στις πεδινές περιοχές των Δ.Δ. Μαρμάρων. Σταυρακίου και Νεοχωρόπουλου εκατέρωθεν της τάφρου Λαγκάτσας εφόσον επεκταθεί η δόμηση και αυξηθούν οι απορροές.[9]

#### **4.9. Ποιότητα Νερών**

Στην ποιότητα των νερών της λίμνης σημαντικό ρόλο παίζει η διαμόρφωση της Λίμνης από υδρολογική πλευρά και η σχέση επικοινωνίας που έχει με το υπόλοιπο λεκανοπέδιο των Ιωαννίνων, μια και αυτή η σχέση καθορίζει τελικά τις εισροές και τις εκροές προς και από τη λίμνη.

Όμως, λόγω της ανάγκης αύξησης του εδάφους για αγροτική παραγωγή στο λεκανοπέδιο Ιωαννίνων κατασκευάστηκε το ανάχωμα Πέραμα – Αμφιθέα – Ντραμπάτοβα (1969 – 1974), το οποίο συνέβαλε στο να αποξηρανθούν περίπου 600 στρέμματα καλλιεργήσιμης γης, να αποκοπεί η σύνδεση της λίμνης από τις πηγές της περιοχής του Μιτσικελίου, οι οποίες ρέουν πλέον περιμετρικά του αναχώματος προς την τάφρο της Λαψίστας και από εκεί στον ποταμό Καλαμά.[9]

Η περίοδος εντατικής αγροτικής παραγωγής πέρα από έργα διευθέτησης των υδάτων στη λίμνη Ιωαννίνων συνοδεύεται από εντατική χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, που συμβάλλουν στην υποβάθμιση της ποιότητας των νερών.

Ένας ακόμη παράγοντας υποβάθμισης της ποιότητας των υδάτων της λίμνης είναι τα υγρά απόβλητα από τις πάσης φύσεως γεωργοκτηνοτροφικές δραστηριότητες που απλώνονται περιμετρικά της λίμνης και ελευθερώνουν ανεπεξέργαστα λύματα στην περιοχή.[9]

Επιπλέον, τμήμα από τα αστικά λύματα της πόλης των Ιωαννίνων μην έχοντας άλλη διέξοδο καταλήγουν στη λίμνη.

Τα στοιχεία ποιότητας των νερών του Λεκανοπεδίου των Ιωαννίνων προκύπτουν από τις δειγματοληψίες που γίνονται από το Υπουργείο Γεωργίας και συγκεκριμένα από τη Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων και από το Γενικό Χημείο του Κράτους. (Πιν.4.9)[16]

Μετρούμενη Παράμετρος	Μονάδες Μέτρησης	Όριο Ανίχνευσης	Αριθμός Δειγματοληψιών	1 <sup>η</sup> Δειγματοληψία	2 <sup>η</sup> Δειγματοληψία	3 <sup>η</sup> Δειγματοληψία	4 <sup>η</sup> Δειγματοληψία	Μέση Τιμή
BOD5	mg/l O <sub>2</sub>		4		5,00	3,00	8,00	5,33
COD	mg/l O <sub>2</sub>		4					
DO	mg/l O <sub>2</sub>	0,15	4		8,80	8,90	10,50	9,40
Nitrate	mg/l N	0,006	4	0,00	0,07	0,02	0,73	0,21
Nitrite	mg/l N	0,009	4	0,00	0,01	0,01	0,03	0,01
Orthophosphate	mg/l P	0,027	4	0,00	0,08	0,33	0,19	0,15
pH	pH	0,15	4		8,20	8,00	7,50	7,90
Total Ammonium	mg/l N	0,004	4	0,00	0,18	0,77	0,30	0,31
Total Oxidised Nitrogen	mg/l N		4		0,08	0,03	0,76	0,29
Total Phosphorus	mg/l P	0,027	4		0,08	0,33	0,19	0,20
T.O.C.	mg/l	0,6	4		7,05	8,73	7,88	7,89

Πιν.4.9. Δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν το 2002 από το Γενικό Χημείο του Κράτους στο κέντρο της λίμνης Ιωαννίνων[16]

#### 4.10. Εκτίμηση ρύπανσης από κτηνοτροφικές δραστηριότητες

Η κτηνοτροφία είναι η κύρια οικονομική δραστηριότητα στο νομό Ιωαννίνων. Η κτηνοτροφία συμμετέχει σε ποσοστό 60%, περίπου, στη συνολική ακαθάριστη αξία της παραγωγής του πρωτογενή τομέα. Στην πραγματικότητα το ποσοστό αυτό είναι μεγαλύτερο και αυτό συμβαίνει διότι ένα ποσοστό της γεωργικής γης αξιοποιείται με καλλιέργεια κτηνοτροφικών φυτών, τα προϊόντα των οποίων χρησιμοποιούνται ως ζωτροφές, για τις ανάγκες της κτηνοτροφίας και επομένως αποτελούν ενδιάμεσο προϊόν.

Στην περιοχή των Ιωαννίνων, σήμερα, δραστηριοποιούνται 351 πτηνοτροφικές μονάδες και 14 χοιροτροφικές με άδεια λειτουργίας σύμφωνα με επίσημα στοιχεία της Διεύθυνσης ΠΕ.ΧΩ της Περιφέρειας Ηπείρου. Στον πίνακα(Πιν.4.10) που ακολουθεί φαίνεται η κατανομή των πτηνοτροφικών μονάδων ανά Δ.Δ. και Νέο Δήμο.[16]

ΠΕΡΙΟΧΗ	Σύνολο αρ. μονάδων	Δυναμικότητα μον. Παραγωγής κρέατος	Αρ. μονάδων πάχυνσης	Δυναμικότητα μονάδων πατρογονικών	Αρ. μονάδων πατρογ.	Σύνολο Ισοδύναμων ζώων
<b>Δήμος Ιωαννιτών</b>	<b>17</b>	<b>99.000</b>	<b>15</b>	<b>4.500</b>	<b>2</b>	<b>426</b>
Ιωάννινα	2	7.000	2	0	0	28
Μάρμαρα	2	0	0	4.500	2	30
Νεοχωρόπουλο	4	13.000	4	0	0	52
Τσιφλικόπουλο	1	6.000	1	0	0	24
Σταυράκι	6	49.500	6	0	0	198
Καρδαμίτσια	1	18.500	1	0	0	74
Κ. Μάρμαρα	1	5.000	1	0	0	20
<b>Δήμος Ανατολής</b>	<b>15</b>	<b>110.600</b>	<b>14</b>	<b>6.500</b>	<b>1</b>	<b>486</b>
Ανατολή	8	54.600	8	0	0	218
Μπάφρα	3	29.000	3	0	0	116
Νεοκαισάρεια	4	27.000	3	6.500	1	151
<b>Δήμος Μπιζανίου</b>	<b>47</b>	<b>353.800</b>	<b>46</b>	<b>3.000</b>	<b>1</b>	<b>1.435</b>
Αμπελιά	9	91.000	9	0	0	364
Κοσμηρά	5	36.000	5	0	0	144
Μπιζάνι	5	22.000	5	0	0	88
Κολωνιάτι	2	19.000	1	3.000	1	96
Πεδινή	26	185.800	26	0	0	743
<b>Δήμος Αγ. Δημητρίου</b>	<b>14</b>	<b>111.100</b>	<b>13</b>	<b>5.000</b>	<b>1</b>	<b>478</b>
Αβγό	3	18.600	3	0	0	74
Επισκοπικό	2	23.500	2	0	0	94
Κρυφοβόν	8	69.000	8	0	0	276

Ραβένια	0	0	0	0	0	0
Σερβιανά	1	0	0	5.000	1	33
<b>Δήμος Παμβώτιδας</b>	<b>158</b>	<b>1.105.800</b>	<b>145</b>	<b>73.970</b>	<b>13</b>	<b>4.916</b>
Βασιλική	8	41.000	6	5.400	2	200
Δαφνούλα	3	6.000	1	5.700	2	62
Δροσοχώρι	22	187.100	21	22.500	1	898
Ηλιόκαλη	5	31.000	5	0	0	124
Καστρίτσα	5	37.500	5	0	0	150
Κατσικά	44	323.700	44	0	0	1.295
Κουτσελιό	23	191.700	23	0	0	767
Λογγάδες	7	69.600	7	0	0	278
Μουζακαίοι	4	19.500	4	0	0	78
Πλατανιά	3	11.000	3	0	0	44
Γορίτσα	1	13.000	1	0	0	52
Χαροκόπτι	33	174.700	25	40.370	8	968
<b>Δήμος Περάματος</b>	<b>43</b>	<b>306.200</b>	<b>40</b>	<b>25.800</b>	<b>3</b>	<b>1.397</b>
Αμφιθέα	7	66.000	7	0	0	264
Εξοχή	0	0	0	0	0	0
Κρανούλα	5	24.500	3	14.400	2	194
Κρύα	2	10.000	2	0	0	40
Λυκοτρίχι	6	54.900	6	0	0	220
Αγ. Μαρίνα	2	12.000	2	0	0	48
Λιγκιάδες	4	25.000	4	0	0	100
Μάζια	2	10.500	2	0	0	42
Πέραμα	5	21.000	5	0	0	84
Περίβλεπτος	6	43.000	6	0	0	172
Κρυόβρυση	4	39.300	3	11.400	1	233
<b>Δήμος Πασαρώνος</b>	<b>41</b>	<b>335.200</b>	<b>39</b>	<b>7.800</b>	<b>2</b>	<b>1.393</b>
Αγ. Ιωάννης	3	24.000	3	0	0	96
Άνω Λαψίστα	1	8.000	1	0	0	32
Βουνοπλαγιά	3	19.200	3	0	0	77
Ελεούσα	6	47.000	6	0	0	188
Ζωοδόχος	0	0	0	0	0	0
Κάτω Λαψίστα	5	43.000	4		1	172
Μ. Γαρδίκι	12	82.000	11	7.800	1	380
Νεοχώρι	2	18.000	2	0	0	72
Ροδοτόπτι	9	94.000	9	0	0	376
<b>Δήμος Εκάλης</b>	<b>13</b>	<b>75.500</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>302</b>
Ασφάκα	1	13.000	1	0	0	52
Γαβρισίοι	0	0	0	0	0	0
Καρυές	4	18.500	4	0	0	74
Λιγοψά	0	0	0	0	0	0
Πετσάλι	8	44.000	5		3	176
<b>Δήμος Ζίτσας</b>	<b>2</b>	<b>7.000</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>28</b>
Πρωτόπαππας	2	7.000	1		1	28
<b>Κοινότητα Νήσου</b>	<b>1</b>	<b>8.000</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>32</b>
<b>Γενικό Σύνολο</b>	<b>351</b>	<b>2.512.200</b>	<b>324</b>	<b>126.570</b>	<b>27</b>	<b>10.893</b>

Πιν.4.10: Πτηνοτροφικές μονάδες ανά Δ.Δ. και νέο Δήμο[16]

Οι χοιροτροφικές μονάδες στην πλειοψηφία τους είναι μικρού μεγέθους, ενώ υπάρχουν ελάχιστες μεσαίου και μεγάλου μεγέθους. Τα τελευταία χρόνια, ο αριθμός των χοιροτροφείων φθίνει και υπάρχει τάση περαιτέρω μείωσης. Ο περιοχές με τη μεγαλύτερη δυναμικότητα σε χοιρομητέρες είναι το Ροδοτόπι, το Δροσοχώρι και ο Κατσικάς.[16]

Η επιφανειακή διάθεση των υγρών αποβλήτων από τα χοιροτροφεία καθώς και των στερεών αποβλήτων από τα πτηνοτροφεία, δημιουργεί σημαντικό πρόβλημα γιατί δεν υφίστανται ολοκληρωμένη διαχείριση. Τα ρυπαντικά φορτία που διατίθενται στο έδαφος ( πρόχειρη ταφή ή παράνομη απόθεση), μέσω των επιφανειακών απορροών κυρίως, αλλά και με την διήθηση, καταλήγουν στους επιφανειακούς και υπόγειους υδάτινους αποδέκτες, και κυρίως στον Καλαμά και την Παμβώτιδα.

Σημαντικό επίσης πρόβλημα αποτελεί και η δυσοσμία που προέρχεται από χοιροτροφεία και πτηνοτροφεία. Η δυσοσμία είναι έντονη κατά τη διάρκεια του καθαρισμού των εγκαταστάσεων ή κατά την αναμόχλευση της κοπριάς για τη φόρτωση και απομάκρυνση της και οφείλεται στην παρουσία στα απόβλητα ενώσεων, όπως υδρόθειο, μερκαπτάνες κ.ά.

Το πρόβλημα διογκώνεται αν αναλογιστούμε και το διάσπαρτο της εγκατάστασης τους. γεγονός που προκαλεί σοβαρότατη υποβάθμιση όχι μόνο των υδάτων, αλλά και του συνόλου σχεδόν των χρήσεων γης.

Η πλέον συνήθης πρακτική για τη διάθεση των στερεών αποβλήτων στην περιοχή είναι η διάθεση στους αγρούς ως βελτιωτικά του εδάφους και οργανικό λίπασμα.

Στον παρακάτω πίνακα(Πιν.4.11) φαίνονται οι ετήσιες ποσότητες παραγόμενων αποβλήτων από πτηνοτροφικές μονάδες κατανομημένες στο λεκανοπέδιο Ιωαννίνων.

Υδρολογική λεκάνη	Ποσότητα στερεών αποβλήτων(tn/έτος)	Ολικό άζωτο (N) (tn/έτος)	Στοιχειακός φώσφορος (P) (tn/έτος)	Στοιχειακό κάλιο (K <sub>a</sub> ) (tn/έτος)
Βόρειο λεκανοπέδιο	32.773	917,644	324,453	462,427
Νότιο λεκανοπέδιο	85.020	2380,560	841,698	1 199,632

Πιν.4.11. Ετήσιες ποσότητες παραγόμενων αποβλήτων από πτηνοτροφικές μονάδες κατανομημένες στο λεκανοπέδιο Ιωαννίνων[18]

Η εκτίμηση των ρυπαντικών φορτίων της περιοχής μελέτης από τα στερεά απόβλητα των πτηνοτροφείων βασίζεται στις ακόλουθες παραδοχές:

- Μέση εκτιμώμενη ποσότητα στερεών αποβλήτων (ΣΑ), =115g/ημέρα/πτηνό πάχυνσης.
- Χρόνος εκτροφής = 65 έως 70 ημέρες,
- Συνολική ετήσια παραγωγή ΣΑ (α Σ.Α.) = 6,3 kg / έτος / πτηνό
- Συντελεστές ρύπων (kg/τόνο ανεπεξέργαστων αποβλήτων πτηνοτροφείων):
  - Ολικό άζωτο (N): 28
  - $P_2O_5$  22,5 ή στοιχειακός φώσφορος (P) 9,9
  - $K_2O$  17 ή στοιχειακό κάλιο (K) 14,11

Με βάση τις προαναφερόμενες παραδοχές, η συνολική ποσότητα ρυπαντικών φορτίων από τα πτηνοτροφεία ανέρχεται σε:

- Στερεά απόβλητα = 95.000 τον./έτος.
- Άζωτο (N) = 2.700 τον./έτος.
- Φώσφορος (P) = 950 τον./έτος.
- Κάλιο (K) = 1.350 τον./έτος.

Το οργανικό φορτίο των αποβλήτων (BOD), δε θεωρείται ότι δημιουργεί σημαντικά προβλήματα ρύπανσης στους υδάτινους αποδέκτες, καθώς παρουσιάζει περιορισμένη κινητικότητα. Υπάρχει στην κοπριά, με τη μορφή στερεών σωματιδίων, τα οποία, με τη διάθεση στο έδαφος, παγιδεύονται στην επιφανειακή του στοιβάδα και αποικοδομούνται, είτε με αερόβιες επιφανειακές συνθήκες, είτε, κυρίως, σε αναερόβιες συνθήκες, καθώς συνήθως δεν λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα για οξυγόνωση του εδάφους (όργωμα και περιοδική φόρτιση).[16]

Η ρύπανση που προέρχεται από τα υγρά απόβλητα των πτηνοτροφείων θεωρείται περιορισμένη καθώς ο όγκος των υγρών αποβλήτων που προέρχονται από την πλύση των δαπέδων των πτηνοτροφείων είναι μικρός και, όπως προβλέπεται και από τη σχετική νομοθεσία, διατίθεται, υπεδάφια, με αποτέλεσμα να μη φτάνουν στους αποδέκτες σημαντικές ποσότητες ρύπων.

Τα ρυπαντικά φορτία από τα υγρά απόβλητα των χοιροτροφικών μονάδων έχουν υπολογιστεί με βάση τους ακόλουθους συντελεστές[16]:

Ζών βάρος, ανά χοιρομητέρα,	ανά διατηρούμενη	= 460 kg, συνεκτιμωμένων και των παραγωγών.
Όγκος αποβλήτων:		= 0,12m <sup>3</sup> /ημέρα ανά τόνο ζώντος βάρους.
BOD <sub>5</sub>		= 19,33 Kg/m <sup>3</sup> αποβλήτων
COD		= 60,33 Kg/m <sup>3</sup> αποβλήτων
SS		= 57,5 Kg/m <sup>3</sup> αποβλήτων
N		= 3,25 Kg/m <sup>3</sup> αποβλήτων
P		= 0,06225 Kg/m <sup>3</sup> αποβλήτων
K		= 0,6889 Kg/m <sup>3</sup> αποβλήτων
Zn		= (1250/28) gr/m <sup>3</sup> αποβλήτων
Fe		= (840/28) gr/m <sup>3</sup> αποβλήτων
Mn		= (400/28) gr/m <sup>3</sup> αποβλήτων

Με βάση τις παραδοχές αυτές, οι συνολικές ποσότητες ρυπαντικών φορτίων ανέρχονται σε :

Όγκος αποβλήτων	34.000 m <sup>3</sup> / έτος
BOD <sub>5</sub>	640 τον / έτος
Άζωτο (N)	110 τον / έτος
P	22 τον / έτος
K	25 τον / έτος

#### **4.11. Ρύπανση από γαλακτοβιομηχανίες – τυροκομεία**

Τα υγρά απόβλητα της συγκεκριμένης δραστηριότητας διακρίνονται στα νερά ψύξεως (περίπου τα 2/3 του συνολικού όγκου των αποβλήτων, χωρίς ιδιαίτερα ρυπαντικά φορτία) και στα απόβλητα της παραγωγικής διαδικασίας, που η σύνθεσή τους εξαρτάται από το είδος της μονάδας. Στις μονάδες τυροκόμησης, τα ρυπαντικά φορτία είναι μεγάλα ιδιαίτερα όταν απορρίπτεται το τυρόγαλα ή ο ορός λακτόζης. Τα υγρά αυτά έχουν πολύ υψηλό BOD και η διάθεσή τους στους υδάτινους αποδέκτες, χωρίς προηγούμενη επεξεργασία, δημιουργεί προβλήματα θολερότητας και μείωσης του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό. Στην περιοχή μελέτης η Δωδώνη διαθέτει βιολογικό καθαρισμό ενώ τα μικρά τυροκομεία εξυπηρετούνται με βόθρους οι οποίοι μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα. Σε μερικές περιπτώσεις έχουν διαπιστωθεί παρατυπίες που αφορούν στην απόρριψη των αποβλήτων απευθείας σε υδάτινους αποδέκτες, κυρίως από περιορισμένο αριθμό μικρών τυροκομείων που δραστηριοποιούνται στην περιοχή. Με δεδομένο ότι οι γαλακτοβιομηχανίες και τα μεγάλα τυροκομεία διαθέτουν εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και ο αριθμός μικρών μονάδων περιορίζεται συνεχώς στην περιοχή μελέτης, λόγω ανταγωνισμού, δεν φαίνεται να δημιουργούνται σοβαρές ρυπάνσεις από τη λειτουργία της.[16]

#### **4.12. Ρύπανση από σφαγεία και μονάδες επεξεργασίας κρέατος**

Η βιομηχανία του κρέατος περιλαμβάνει το χώρο προσωρινού σταβλισμού των ζώων, το σφαγείο και τη μονάδα επεξεργασίας του κρέατος (προετοιμασία, μαγείρεμα, πάστωμα, κάπνισμα, αλλαντικά κλπ).

Ειδικότερα για τα πουλερικά, η μονάδα περιλαμβάνει το σφαγείο, τη μονάδα αποπιλώσεως, το χώρο καθαρισμού (κεφάλια, πόδια, εντόσθια), τη συσκευασία και τη διατήρηση σε ψύξη ή κατάψυξη. Και στις δύο περιπτώσεις η εγκατάσταση μπορεί να περιλαμβάνει μονάδα επεξεργασίας και αξιοποίησης των μη φαγώσιμων υπολειμμάτων (λίπη, αίμα, οστά, φτερά, σπλάχνα, άκρα) και τη μετατροπή τους σε ζωοτροφές ή λίπασμα.



Βασική επιδίωξη στα σφαγεία είναι ο διαχωρισμός και συλλογή του αίματος, προτού αναμιχθεί με τα απόβλητα, γιατί επηρεάζει σημαντικά την ποιότητά τους. Τα απόβλητα του σταβλισμού περιέχουν ζωικές απεκκρίσεις με ρυπαντικό φορτίο που εξαρτάται από το είδος των ζώων και τη φροντίδα καθαρισμού του χώρου. Τα απόβλητα του χώρου σφαγής περιέχουν αίμα, κοπριά από την κοιλιά-έντερα, τρίχες, υπολείμματα, ακαθαρσίες δαπέδου κλπ. Έχουν χρώμα κοκκινωπό – καφέ, υψηλό BOD και αρκετά αιωρούμενα στερεά.

Μετά την εφαρμογή των τελευταίων οδηγιών της Ε.Ε. έχουν αυξηθεί οι ποσότητες στερεών αποβλήτων, λόγω απαγόρευσης της κατανάλωσης εντοσθίων, κεφαλών κλπ, τα οποία πρέπει να αποτεφρώνονται. Τα απόβλητα από τη μονάδα επεξεργασίας του κρέατος (πάστωμα κλπ) έχουν ανάλογη σύνθεση με εκείνα του σφαγείου, αλλά μικρότερο ρυπαντικό φορτίο. Τα απόβλητα των μονάδων σφαγής και επεξεργασίας του κρέατος περιέχουν υψηλό ρυπαντικό φορτίο και, επομένως, πρέπει να περνούν από βιολογική επεξεργασία για τον καθαρισμό τους πριν τη διάθεση στο περιβάλλον. Στην περιοχή των Ιωαννίνων λειτουργούν μια σειρά από σφαγεία και μονάδες επεξεργασίας κρέατος.[16]

Η ρύπανση από τα σφαγεία είναι σημαντική, ιδίως εκείνων τα οποία διαθέτουν τα απόβλητά τους χωρίς επεξεργασία. Αντίθετα, οι μονάδες τυποποίησης κρέατος συνήθως δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον. Τα ρυπαντικά φορτία σφαγείου που βρίσκεται στην περιοχή Κατσικά, σε ημερήσια βάση, εκτιμώνται σε:

Μονάδα	Όγκος αποβλήτων (m <sup>3</sup> /ημ.)	BOD (kg/ημ.)	COD (kg/ημ.)	TSS (kg/ημ.)	Λίπος (kg/ημ.)
Μονάδα στην Κατσικά	1.750	2.000	2.500	1.800	750

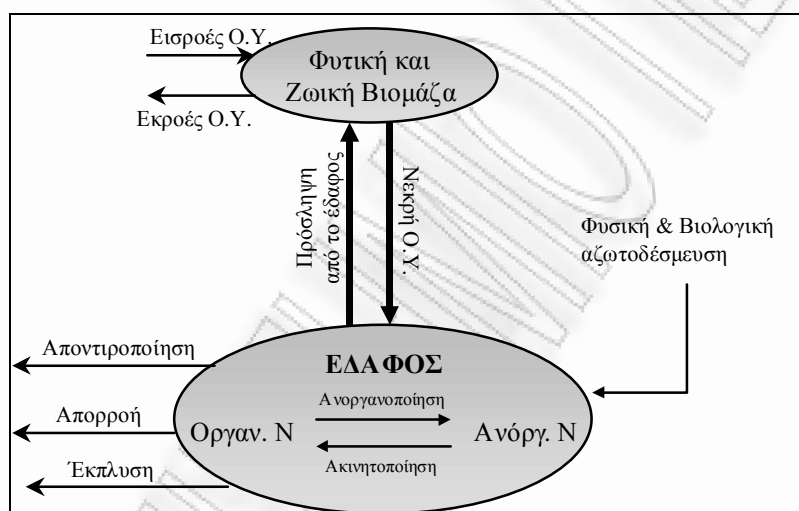
Πιν.4.12. Ρυπαντικά φορτία σφαγείου στην περιοχή Κατσικά[16]

Σημειώνεται ότι οι υψηλές ποσότητες οργανικού φορτίου που περιέχονται στα απόβλητα σφαγείων, όπως επίσης οι ποσότητες θρεπτικών αλάτων και λίπους, δημιουργούν στους αποδέκτες σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα, γεγονός που υποχρεώνει τους φορείς να αδρανοποιούν τα συγκεκριμένα απόβλητα. [16]

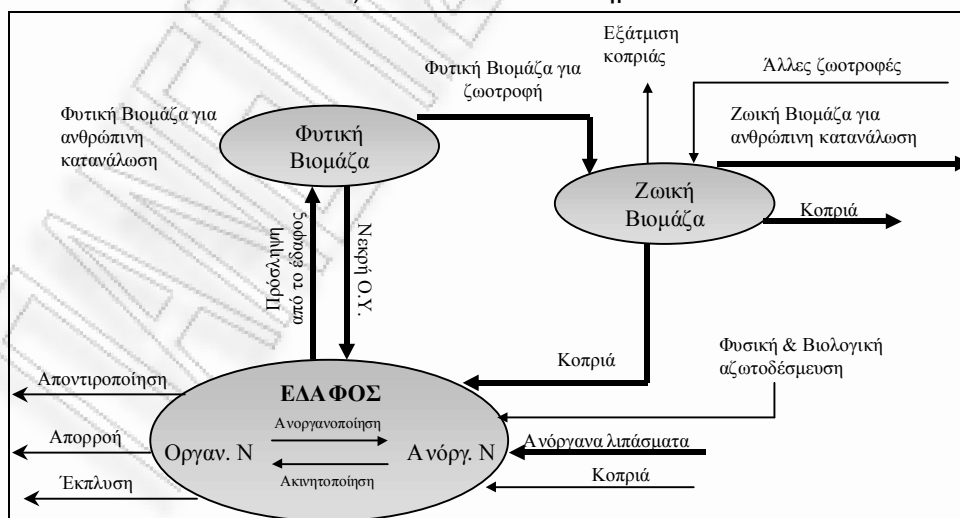
#### 4.13. Εκτίμηση ρύπανσης από γεωργικές καλλιέργειες

Η επιβάρυνση από τις γεωργικές καλλιέργειες είναι σημαντικά μεγάλη διότι: (α) συσσωρεύονται στη λίμνη αυξημένες ποσότητες αζωτούχων και φωσφορούχων λιπασμάτων και (β) οι ποσότητες των φυτοφαρμάκων και εντομοκτόνων θεωρούνται τετραπλάσιες του κανονικού.[9]

Η χρήση των λιπασμάτων και τα αποτελέσματά της παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα (Εικ.4.2.)



α) Φυσικό Οικοσύστημα



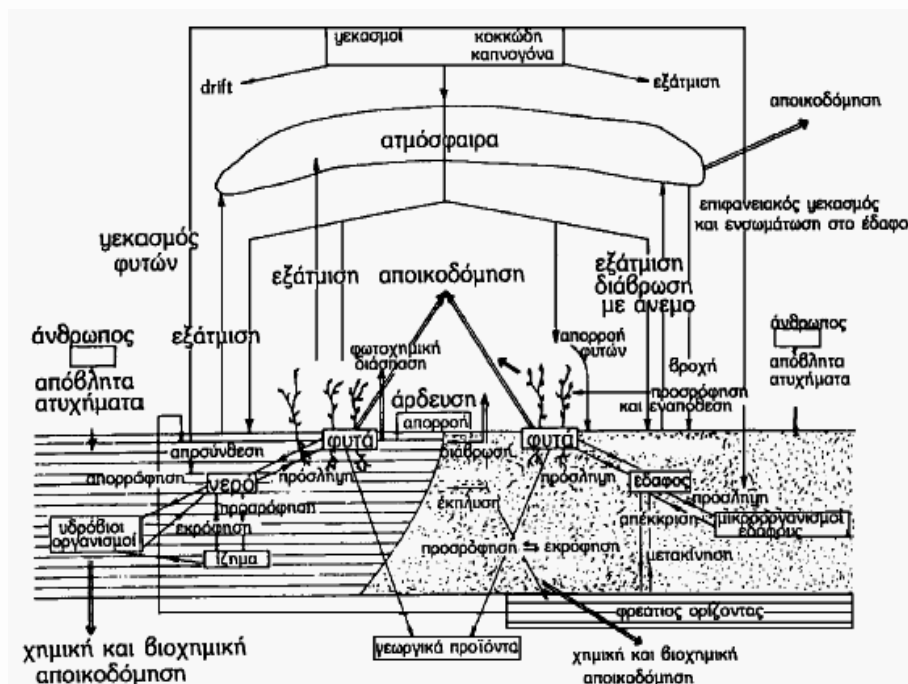
β) Αγρο-οικοσύστημα

Εικ.4.2.Κύκλος αζώτου σε φυσικό και σε αγρο-οικοσύστημα [17]

Πέραν της βελτίωσης που επήλθε στην παραγωγική διαδικασία τα τελευταία χρόνια με την εισαγωγή σύγχρονης τεχνολογίας, η συστηματική χρήση μεγάλων ποσοτήτων λιπασμάτων σε συνδυασμό με τις κρατούσες κλιματολογικές συνθήκες (παρατεταμένη υγρή περίοδος σε αλληλοδιαδοχή με ξηρή), επιβάλλει τη χρήση μεγάλων ποσοτήτων φυτοφαρμάκων, προκειμένου να επιτευχθεί ικανοποιητική φυτοπροστασία. Η αλόγιστη χρήση Φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων καθώς και η μη ορθολογική διαχείριση του υδάτινου δυναμικού, μπορεί να προκαλέσει σημαντικές διαταραχές στο φυσικό περιβάλλον και τον άνθρωπο. Η γενικότερη οικολογική επίπτωση των φυτοφαρμάκων συνίσταται:

- στην τοξικότητα τους που αφορά ένα πολύ ευρύ φάσμα οργανισμών
- στην παραμονή τους στη φύση με την αρχική τους μορφή ή σαν μεταβολιτών (υπολειμματική δράση), που έχει σαν συνέπεια τη συσσώρευση και την είσοδο τους στην τροφική αλυσίδα, με αποτέλεσμα μεταλλάξεις και αναπαραγωγικές δυσλειτουργίες στους ζώντες οργανισμούς
- στην ικανότητα μετακίνησης τους, μακριά από τον τόπο εφαρμογής τους

Είναι γνωστό ότι οι δραστικές ουσίες των φυτοφαρμάκων αποδομούνται δύσκολα. Μερικά φυτοφάρμακα όταν μεταβολίζονται, δίνουν προϊόντα, μεταβολίτες, που είναι πιο δραστικά και επικίνδυνα από ό,τι τα ίδια τα φυτοφάρμακα. Τα φυτοφάρμακα μέσω μιας σειράς φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών, καταλήγουν στα επιφανειακά νερά, τα οποία ρυπαίνουν. Στην περίπτωση των χλωριωμένων παρασκευασμάτων η ρύπανση διατηρείται για χρόνια ή και δεκαετίες ενώ μπορεί να αποβεί επικίνδυνη για τους ζώντες οργανισμούς. Ο κύκλος της ρύπανσης κλείνει με τη ρύπανση του πόσιμου νερού(Εικ.4.3).



Εικ.4.3: Κύκλος ρύπανσης φυτοφαρμάκων [17]

Σε ότι αφορά τα λιπάσματα, τα νιτρικά και φωσφορικά άλατα που περιέχουν, συμβάλλουν στον ευτροφισμό των επιφανειακών υδάτων, θέτοντας σε κίνδυνο τους ευαίσθητους οργανισμούς που ζουν σ' αυτά. Ένα μέρος των λιπασμάτων και των φυτοφαρμάκων που δεν απορροφάται από τα φυτά, συσσωρεύεται στο έδαφος ή καταλήγει στα υπόγεια νερά. δημιουργώντας προβλήματα ρύπανσης στους εν λόγω αποδέκτες. Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα διαθέσιμα υπόγεια νερά είναι περιορισμένα, το πρόβλημα γίνεται οξύτερο, καθώς λόγω των χαμηλών παροχών, η συγκέντρωση των ρυπαντών είναι αυξημένη.[40]

Στον Πίνακα 4.13. παρουσιάζονται ενδεικτικές ποσότητες λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων που χρησιμοποιούνται στην περιοχή. Οι ποσότητες δίνονται ανά στρέμμα και ανά έτος. Στα λιπάσματα οι αριθμοί π.χ. 16-20-0 αντιστοιχούν στην αναλογία N-P-K. [13]

Καπνός	Κηπευτικά	Αμπέλι	Καλαμπόκι		Σιτηρά	Είδος καλλιέργειας
			34,5-0-0 26-0-0 33,5-0-0	20-10-10 20-10-0 11-15-15 16-20-0		
Σύνθετο λίπασμα κοκκώδες + ιχνοστοιχεί	Σύνθετο λίπασμα κοκκώδες + ιχνοστοιχεία	Σύνθετο λίπασμα κοκκώδες + ιχνοστοιχεία	34,5-0-0 26-0-0 33,5-0-0	20-10-10 20-10-0 11-15-15 16-20-0	16-20-0 + 26-0-0	Λιπάσματα
80-100 kg	200 kg	50 kg	50kg	80kg	50 kg	Ποσότητα
Delear Χλωροπυρικός 48% Methamitofos	Βλέπε αμπέλι	Πυρεθρίνες Gusathion Edosulfan Azinfos Methyl		Phorat Carbofuran		Εντομοκτόνα
100 gr 200-300 gr 150 kg		100 cm <sup>3</sup> διαλυμένα σε 100 lt νερό		5-10 kg 1-2 kg		Ποσότητα
	Sencor+Fucilate ( στην πατάτα)	Glyphosate		Atrazine Rush 2,4D Alaclor-Atrazine Grid	MCPA 2,4D	Ζιζανιοκτόνα
	200 cm <sup>3</sup>	1 lt		600 gr 5gr 80 gr 600 gr 3 gr		Ποσότητα
Profit Allet Mancozeb	Βλέπε αμπέλι	Propineb Metalaxyl Tradimefon Βορδιγάλειος Πολτός Χαλκούχα Procymidone Carbedazim				Μυκητοκτόνα
250 gr 200gr 250 gr		250-300 gr				Ποσότητα

Πιν. 4. 13. Ενδεικτικός πίνακας χρησιμοποιούμενων προσθέτων στην περιοχή μελέτης[13]

Σε γενικές γραμμές οι πλέον επιβαρυντικές για το περιβάλλον καλλιέργειες είναι το καλαμπόκι, το αμπέλι, ο καπνός και τα κηπευτικά και λιγότερο τα σιτηρά και τα κτηνοτροφικά φυτά.

#### **4.14. Διατάραξη υδατικού ισοζυγίου της υδρολογικής λεκάνης**

Η υδρολογική λεκάνη της λίμνης Ιωαννίνων δέχεται πιέσεις από τις διάφορες ανθρωπογενείς δραστηριότητες που έχουν ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποσότητας και της ποιότητας των νερών της. Τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι υδατικοί πόροι συνοψίζονται στα ακόλουθα: (α) διατάραξη του υδατικού ισοζυγίου και (β) μεταβολή της ποιότητας των υδάτων.

Τα νερά της λεκάνης της λίμνης Παμβώτιδας Ιωαννίνων κινούνται και επικοινωνούν μεταξύ τους διαμορφώνοντας το υδατικό ισοζύγιο της περιοχής. Επομένως, επιδράσεις σε κάποιο επιφανειακό ή υπόγειο υδάτινο σώμα που ανήκει στην υδρογραφική λεκάνη είναι δυνατό να επηρεάσουν και όλα εκείνα τα σώματα με τα οποία επικοινωνεί.

Βασική πηγή ρύπανσης, όπως προκύπτει από προηγούμενες παραγράφους, είναι τα αστικά υγρά απόβλητα από τους οικισμούς, καθώς ένα μικρό μόνο ποσοστό των νοικοκυριών στους επτά παραλίμνιους δήμους και κοινότητες είναι συνδεδεμένο με δίκτυο αποχέτευσης και το βιολογικό καθαρισμό, συγκεκριμένα 4%. [9]

Επιπλέον, τουλάχιστον 10% του όγκου των λυμάτων χύνονται απευθείας παράνομα στη λίμνη, και επιπλέον η ρύπανση αυξάνεται με τους ρυθμούς αύξησης του πληθυσμιακού μεγέθους που ξεπερνά το 1,8% το χρόνο. [9]

Σημαντική πηγή ρύπανσης είναι και όποια άλλη πηγή απορριμμάτων ή τοξικών ουσιών, τα οποία καταλήγουν από όλο το λεκανοπέδιο στη λίμνη μέσω των όμβριων υδάτων.

Όσον αφορά τον όγκο λυμάτων από τα κτηνοτροφικά απόβλητα είναι πολύ μεγάλος, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο, λόγω του μεγάλου αριθμού των κτηνοτροφικών μονάδων σε όλο το λεκανοπέδιο. Η χωροθέτηση των κτηνοτροφικών μονάδων είναι κακή και η επεξεργασία των αποβλήτων μηδαμινή έως ανύπαρκτη. Η πρόχειρη ταφή τους και ακόμη περισσότερο η παράνομη απόθεσή τους καταλήγουν να ρυπαίνουν τον υδροφόρο ορίζοντα της λίμνης.[9]

Σχετικά με τα τυροκομεία, επεξεργάζονται σημαντικές ποσότητες γάλακτος για την παρασκευή αποστειρωμένου γάλατος και διαφόρων ειδών τυριού και γιαουρτιού, παράγοντας ταυτόχρονα μεγάλες ποσότητες λυμάτων των οποίων η διάθεση γίνεται στην πλειονότητά τους σε απορροφητικούς βόθρους.

Η ρύπανση από τα ιχθυοτροφεία προέρχεται από τα σιτηρέσια που δεν αφομοιώνονται και γενικά από τα στερεά που αποβάλλουν τα ψάρια στο νερό. Ιχθυοτροφεία πέστροφας υπάρχουν στις περιοχές της Κρύας, Σεντινευκαύλακα και Τούμπας. Καμία από τις μονάδες δε διαθέτει κάποιο σύστημα απομάκρυνσης των στερεών ενώ επίσης υπάρχει μεγάλη διακύμανση στην ποσότητα του νερού που χρησιμοποιούν.

Επιπλέον είναι ιδιαίτερα ανησυχητικό το πρόβλημα της ρύπανσης των επιφανειακών και υπογείων υδάτων του λεκανοπεδίου των Ιωαννίνων από τα λιπάσματα. Αυτά εισέρχονται μέσω της διαδικασίας της διήθησης στον υπόγειο υδροφόρο ή με έκπλυση και απορροή στα επιφανειακά ρεύματα.

Συμπερασματικά η επιβάρυνση από τις γεωργικές καλλιέργειες είναι σημαντική διότι [9]: (α) συσσωρεύονται στη λίμνη αυξημένες ποσότητες αζωτούχων και φωσφορούχων λιπασμάτων και (β) οι ποσότητες των φυτοφαρμάκων και εντομοκτόνων θεωρούνται τετραπλάσιες του κανονικού.

Τέλος, ρύπανση από βαριές βιομηχανίες δεν υφίσταται στην περιοχή καθώς η μεγάλη πλειοψηφία των δραστηριοτήτων αφορά γεωργοκτηνοτροφικές δραστηριότητες. Όμως, θεωρείται αναγκαίο να αναφερθεί η μεγάλη συγκέντρωση εργαστηρίων αργυροχρυσοχοΐας στην πόλη των Ιωαννίνων, μια και η αργυροχρυσοχοΐα αποτελεί παράδοση στην περιοχή. Αποτέλεσμα της αυξημένης συγκέντρωσης αυτής της δραστηριότητας στην πόλη είναι η μεγάλη συγκέντρωση βαρέων μετάλλων στα αστικά λύματα της πόλης.

#### **4.15. Εγγύτητα φρεάτιου υδροφόρου ορίζοντα με την επιφάνεια**

Ο φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας σε όλο σχεδόν το λεκανοπέδιο βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια, μέσα σε χαλαρούς, προσχωματικούς σχηματισμούς. Την υγρή περίοδο η στάθμη των φρεάτιων από την επιφάνεια κυμαίνεται στα 0.5-7.00m, με συνηθέστερο βάθος τα 2.00m εκτός από ελάχιστα στην περιοχή περιμετρικά του λεκανοπεδίου που ξεπερνά τα 10m. Την ξηρή περίοδο, η στάθμη κυμαίνεται από 2.00-8.00m, με συνηθέστερο βάθος τα 4.00μ. , εκτός πάλι ορισμένων θέσεων που ξεπερνάνε τα 10.00m.

Η πιεζομετρική στάθμη των φρεάτων μειώνεται καθώς κινούμαστε από την περίμετρο του λεκανοπεδίου προς τη στάθμη της λίμνης και της στραγγιστικής τάφρου της Λάψιστας.

Το γεγονός ότι ο φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται τόσο κοντά στην επιφάνεια, ιδιαίτερα την υγρή περίοδο, καθιστά ακόμη πιο ανεπίτρεπτη την ανεξέλεγκτη διάθεση λυμάτων.[9]

#### **4.16. Υποβάθμιση της ποιότητας του εδάφους**

Το γεγονός ότι στην περιοχή καλλιεργούνται παραδοσιακά εδώ και πολλά χρόνια κάποια συγκεκριμένα είδη με κριτήριο βασικά την εξυπηρέτηση των κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων, έχει ως αποτέλεσμα την εξασθένηση του εδαφικού ορίζοντα από συγκεκριμένα συστατικά.

Προκειμένου οι παραγωγοί να ανταποκριθούν στην ανάγκη για αύξηση της παραγωγής χρησιμοποιούν μεγάλες ποσότητες λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενες παραγράφους. Αυτό όμως στο βαθμό που δε γίνεται με ορθολογικό τρόπο και σύμφωνα με τις οδηγίες των γεωπόνων επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα των εδαφών και κατά συνέπεια και των παραγόμενων προϊόντων που καταναλώνονται από τον άνθρωπο άμεσα (από φυτικές τροφές) ή έμμεσα (μέσω του κρέατος των ζώων).



Τέλος οι διάφορες μονάδες επεξεργασίας γαλακτοκομικών προϊόντων καθώς και οι κτηνοτροφικές μονάδες παράγουν μεγάλες ποσότητες λυμάτων και απορριμμάτων μέρος των οποίων καταλήγουν ανεπεξέργαστες στο έδαφος υποβαθμίζοντας την ποιότητα του.[9]

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

## 5. Καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης στην περιοχή μελέτης

### 5.1. Κλιματολογικά στοιχεία

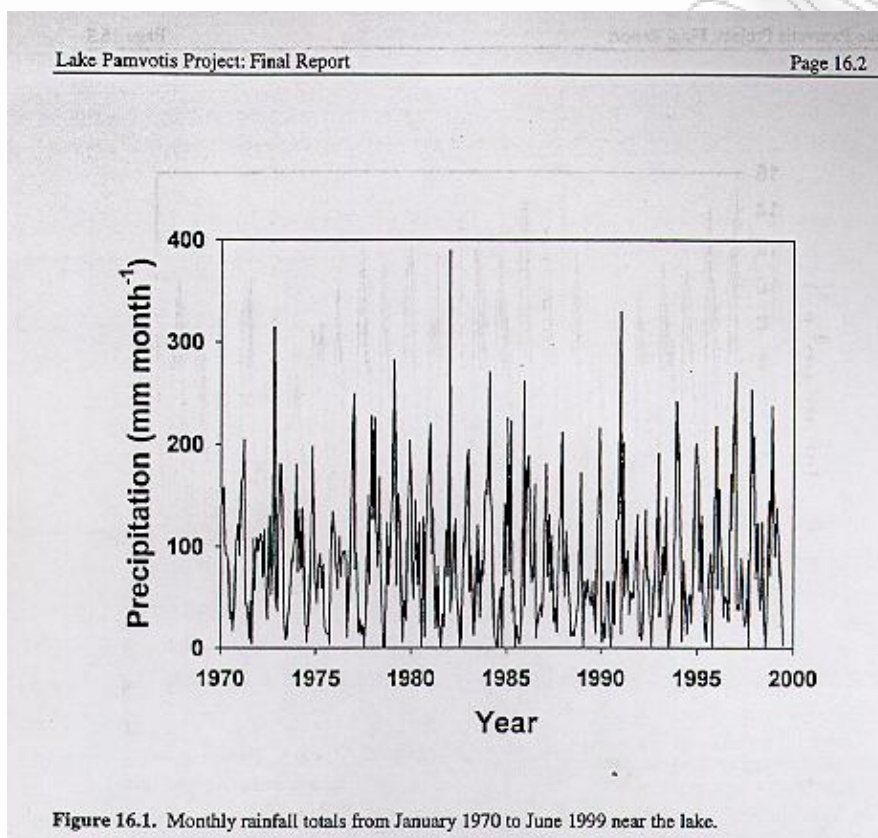
Στην Ήπειρο, λόγω της γεωγραφικής θέσης και της πολυμορφίας του ανάγλυφου παρουσιάζονται διαφορές στις κλιματολογικές συνθήκες. Έτσι στις ακτές του Ιονίου το κλίμα είναι μεσογειακό, ενώ προς το εσωτερικό, όπου βρίσκεται και το λεκανοπέδιο Ιωαννίνων, το κλίμα είναι ηπειρωτικό, που σημαίνει πολλές βροχοπτώσεις και χαμηλές θερμοκρασίες το χειμώνα και υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι.

Στη λεκάνη της λίμνης των Ιωαννίνων σήμερα λειτουργούν δύο βροχομετρικοί-μετεωρολογικοί σταθμοί. Ένας είναι ο σταθμός Ιωαννίνων της Ε.Μ.Υ. σε υψόμετρο +484 m και με περίοδο λειτουργίας 1931-1940 και 1951-σήμερα, και ο δεύτερος είναι ο σταθμός Κατσικά, που βρίσκεται στη Σχολή Γεωργικής Έρευνας του ΥΠ. ΓΕ. σε υψόμετρο +480 m και με περίοδο λειτουργίας από το 1967 έως σήμερα. Από τις παρατηρήσεις του σταθμού της Ε.Μ.Υ. προκύπτει ότι η μέση ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται σε 1.081,5 mm. Η κατανομή των βροχοπτώσεων ανά μήνα, φαίνεται στον παρακάτω πίνακα 5.1. Όπως προκύπτει από τον πίνακα, η κατανομή των βροχοπτώσεων είναι περίπου 70% τη χειμερινή περίοδο (από Οκτώβριο έως Μάρτιο) και 30% τη θερινή περίοδο (από Απρίλιο έως Σεπτέμβριο). Η μέγιστη μηνιαία τιμή παρατηρείται τον Δεκέμβριο και η ελάχιστη τον Αύγουστο. [16]

Μήνας	συνολική	μέγιστη τιμή 24h
Ιανουάριος	124,2	89,7
Φεβρουάριος	111,6	56,6
Μάρτιος	95,4	58,8
Απρίλιος	78,0	67,3
Μάιος	69,3	45,4
Ιούνιος	43,5	55,3
Ιούλιος	32,0	53,2
Αύγουστος	31,2	72,0
Σεπτέμβριος	54,0	64,5
Οκτώβριος	99,5	90,0
Νοέμβριος	167,9	94,0
Δεκέμβριος	174,9	86,6
<b>Ετος</b>	<b>1081,5</b>	<b>94,0</b>

Πίν. 5.1: Μέση μηνιαία και ετήσια βροχόπτωση σε mm, σταθμός Ιωαννίνων (EMY 1956-1997) [16]

Σημειώνεται ότι η μικρή μείωση των βροχοπτώσεων, σε σχέση με τα προηγούμενα έτη, οφείλεται στο γεγονός ότι στη χρονοσειρά υπολογισμού περιλαμβάνεται η ιδιαίτερα ξηρή περίοδος 1991-1995.



Εικ.5.1: Συνολική μηνιαία βροχόπτωση από τον Ιανουάριο 1970 έως Ιούνιο 1999 κοντά στη λίμνη Παμβώτιδα.[16]

Από την εικόνα 5.1 εύκολα διαπιστώνεται ότι την τελευταία δεκαετία δεν έχουν επέλθει αλλαγές στο κλίμα της περιοχής.

Η θερμοκρασία παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις, με ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος 20,1°C. Οι μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασιών του σταθμού Ιωαννίνων φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα 4.2. Η μέση ετήσια τιμή είναι 14,2°C για την περίοδο 1956-97. Οι μέγιστες τιμές εμφανίζονται τον Ιούλιο και τον Αύγουστο (24,8 και 24,3°C αντίστοιχα) και η ελάχιστη τον Ιανουάριο (4,7°C).

Θεωρώντας ότι η θερμοκρασιακή βαθμίδα είναι -6,5°C ανά 1.000m (υψομετρική διαφορά) και ότι το μέσο υψόμετρο της λεκάνης είναι κατά 150m μεγαλύτερο του υψόμετρου του σταθμού Ιωαννίνων, προκύπτει ότι οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες της λεκάνης θα είναι μικρότερες κατά 1°C .[9]

Μήνας	Σταθμός Ιωαννίνων (ΕΜΥ 1956-1997)
Ιανουάριος	4,7
Φεβρουάριος	6,1
Μάρτιος	8,8
Απρίλιος	12,4
Μάιος	17,4
Ιούνιος	21,9
Ιούλιος	24,8
Αύγουστος	24,3
Σεπτέμβριος	20,1
Οκτώβριος	14,9
Νοέμβριος	9,7
Δεκέμβριος	5,9
<b>Μέσος όρος</b>	<b>14,2</b>

Πίν.5.2: Θερμοκρασία αέρα 24ώρου (°C) [16]

Η μέση ετήσια σχετική υγρασία είναι 68% με διακύμανση 52% (Ιούλιος) μέχρι 81% (Δεκέμβριος). Οι μέσες μηνιαίες τιμές του σταθμού Ιωαννίνων για την περίοδο 1956-97 φαίνονται στον πίνακα 5.3.

Μήνας	Μέση Σχετική υγρασία Σταθμός Ιωαννίνων (ΕΜΥ 1956-1997)	Μέση Ταχύτητα Ανέμου (m/sec) Σταθμός Ιωαννίνων (ΕΜΥ 1956-1997)	Επικρατούσα διεύθυνση ανέμων (ΕΜΥ 1956-1997)
Ιανουάριος	77	1,6	SE
Φεβρουάριος	74	1,5	SE
Μάρτιος	69	1,6	SE
Απρίλιος	68	0,7	NW
Μάιος	66	0,3	NW
Ιούνιος	59	0,1	NW
Ιούλιος	52	0,2	W
Αύγουστος	54	0,3	NW
Σεπτέμβριος	64	0,4	W
Οκτώβριος	71	1,1	SE
Νοέμβριος	80	0,5	SE
Δεκέμβριος	81	0,8	SE
<b>Μέσος όρος</b>	<b>68</b>		

Πίν.5.3: Μέση Σχετική υγρασία αέρα (%), ταχύτητα (m/sec) και διεύθυνση ανέμου[16]

Οι άνεμοι στην περιοχή δεν παρουσιάζουν σπουδαίο ενδιαφέρον. Στον πίνακα 5.3 δίνονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της ταχύτητας του ανέμου για το σταθμό Ιωαννίνων κατά την περίοδο 1956-97. Οι τιμές αυτές δίνονται από την ΕΜΥ σε Beaufort και η

διακύμανσή τους είναι από 0,7 Β (Νοέμβριος-Δεκέμβριος) μέχρι 1,2 Β (Μάρτιος, Απρίλιος) με μέση ετήσια τιμή 1,0 Β. Δεδομένου ότι στην κλίμακα Beaufort το 1Β αντιστοιχεί σε ταχύτητες ανέμου 0,3-1,5 m/sec (με μέση τιμή 0,9 m/sec) και δεδομένου ότι όλες οι τιμές κυμαίνονται γύρω στο 1Β, θεωρούμε ότι οι ίδιες τιμές εκφράζουν και την ταχύτητα σε m/sec . [9]

Για την πραγματική ηλιοφάνεια δίνονται στον πίνακα 5.4 οι μέσες μηνιαίες τιμές της περιόδου 1979-89 του σταθμού Ιωαννίνων. Αυτές κυμαίνονται από 30% (Δεκέμβριος) μέχρι 69% (Ιούλιος-Αύγουστος), με μέση ετήσια τιμή 39%. Η πραγματική ηλιοφάνεια ορίζεται από το κλάσμα (πραγματικές ώρες ηλιοφάνειας / δυνατές ώρες ηλιοφάνειας)Χ100. [16]

Η ηλιοφάνεια στο οροπέδιο είναι γενικά περιορισμένη λόγω της λίμνης και της ομίχλης που δημιουργεί. Οι νεφοσκεπείς ημέρες (με νέφωση 6,5 έως 8 όγδοα) και οι ημέρες με ομίχλη φαίνονται στον ίδιο πίνακα. Το σύνολο των νεφοσκεπών ημερών είναι το μεγαλύτερο στην Ήπειρο και από τα μεγαλύτερα στην Ελλάδα.

Μήνας	Ηλιοφάνεια Σταθμός Ιωαννίνων (1979-89)	Νεφοσκεπείς ημέρες Σταθμός Ιωαννίνων (1956-97)	Ημέρες με χιόνι Σταθμός Ιωαννίνων (1956-97)	Ημέρες με ομίχλη Σταθμός Ιωαννίνων (1956-97)
Ιανουάριος	85	11,1	1,9	5,4
Φεβρουάριος	94	10,3	2,1	3,0
Μάρτιος	129	9,4	1,1	2,3
Απρίλιος	170	8,1	0	1,6
Μάιος	220	4,4	0	1,5
Ιούνιος	279	1,3	0	0,9
Ιούλιος	321	0,5	0	0,3
Αύγουστος	296	0,3	0	0,2
Σεπτέμβριος	216	1,7	0	1,6
Οκτώβριος	164	4,8	0	5,0
Νοέμβριος	102	9,6	0,2	7,4
Δεκέμβριος	84	12,4	1	6,5
<b>Σύνολο</b>	<b>2160</b>	<b>73,9</b>		

Πίν.5.4: Πραγματική ηλιοφάνεια, νεφοσκεπείς ημέρες και ημέρες με ομίχλη και χιόνι [16]

Για την εξατμηση, τόσο από την επιφάνεια της λίμνης όσο και για την πραγματική εξατμισοδιαπνοή της λεκάνης, δεν υπάρχουν πραγματικά δεδομένα. Από προηγούμενες μελέτες, αλλά και από την ελληνική βιβλιογραφία, εκτιμάται ότι σε ετήσια

βάση η πραγματική εξατμισοδιαπνοή είναι περίπου 530 mm και η εξάτμιση από την επιφάνεια της λίμνης περίπου 800 mm (Πιν. 5.5).

Μήνας	Penman	Thornwaite
Ιανουάριος	19	8
Φεβρουάριος	30	11
Μάρτιος	54	25
Απρίλιος	81	47
Μάιος	118	84
Ιούνιος	144	122
Ιούλιος	167	151
Αύγουστος	154	137
Σεπτέμβριος	105	90
Οκτώβριος	59	53
Νοέμβριος	22	25
Δεκέμβριος	15	12
<b>Σύνολο</b>	<b>968</b>	<b>765</b>

Πίν.5.5: Πραγματική εξάτμιση (mm). [9]

## 5.2. Σεισμικότητα

Στην ευρύτερη περιοχή υπάρχουν τρεις (3) αξιόλογες σεισμικές πηγές:

A : Ν. Αλβανίας (Δελβίνο / Τεπελένι),

B : Κέρκυρα / ακτές θεσπρωτίας,

Γ : Άρτα και περίχωρα.

Όπως φαίνεται από τη μελέτη της σεισμικής ιστορίας της περιοχής (Πιν. 5.6.) και οι τρεις πηγές παρουσιάζουν κανονική δραστηριότητα από το 1600 έως σήμερα.[9]

358		$\varphi=40.0$ ,	$\lambda=20.0$ ,	$h=n$ ,	$M=6.3$	( $l_0=9$ , Αργυρόκαστρο)
968	22 Δεκεμβρίου	$\varphi=39.3$ ,	$\lambda=20.2$ ,	$h=n$ ,	$M=6.0$	( $l_0=7$ , Κέρκυρα)
1650		$\varphi=39.7$ ,	$\lambda=20.0$ ,	$h=n$ ,	$M=6.2$	( $l_0=8$ , Κέρκυρα)
1666	Νοέμβριος	$\varphi=39.6$ ,	$\lambda=19.8$ ,	$h=n$ ,	$M=6.2$	( $l_0=8$ , Κέρκυρα)
1674	1 Ιανουαρίου	$\varphi=39.5$ ,	$\lambda=20.0$ ,	$h=n$ ,	$M=6.5$	( $l_0=9$ , Κέρκυρα)
1732	Νοέμβριος	$\varphi=39.5$ ,	$\lambda=20.1$ ,	$h=n$ ,	$M=6.6$	( $l_0=8$ , Κέρκυρα)
1740	Ιανουάριος	$\varphi=39.7$ ,	$\lambda=20.8$ ,	$h=n$ ,	$M=6.2$	( $l_0=8$ , Ιωάννινα)
		μεγάλη φθορά				
1740	Ιούνιος	$\varphi=39.7$ ,	$\lambda=19.9$ ,	$h=n$ ,	$M=6.2$	( $l_0=8$ , Κέρκυρα)
1773	5 Δεκεμβρίου	$\varphi=39.5$ ,	$\lambda=20.1$ ,	$h=n$ ,	$M=6.4$	( $l_0=8$ , Κέρκυρα)
1786	5 Φεβρουαρίου	$\varphi=39.5$ ,	$\lambda=19.9$ ,	$h=n$ ,	$M=6.6$	( $l_0=8$ , Κέρκυρα)

1809	3 Μαΐου	$\varphi=39.5,$	$\lambda=20.1,$	$h=n,$	$M=6.1$	(Io=8, Κονίσπολη)
		αισθητός στα Ιωάννινα				
1813	10 Δεκεμβρίου	$\varphi=39.6,$	$\lambda=20.6,$	$h=n,$	$M=6.2$	(Io=9, Εκκλησχωήρι)
		μικρές ζημιές στα Ιωάννινα				
1823	19 Ιουνίου	$\varphi=39.5,$	$\lambda=20.3,$	$h=n,$	$M=6.4$	(Io=9, Σαγιάδα)
		κατέστρεψε τη Σαγιάδα (ακτές) και το Σούλι				
1854	30 Ιουλίου	$\varphi=39.8,$	$\lambda=20.1,$	$h=n,$	$M=6.3$	(Io=9, Δελβίνο)
		μετασ.	20.7			
1858	5 Απριλίου	$\varphi=39.7,$	$\lambda=20.7,$	$h=n,$	$M=6.0$	(Io=9, Ιωάννινα)
		καταστρεπτικός				
1858	20 Σεπτεμβρίου	$\varphi=40.0,$	$\lambda=20.0,$	$h=n,$	$M=6.4$	(Io=9, Δελβίνο)
1860	10 Απριλίου	$\varphi=40.2,$	$\lambda=20.3,$	$h=n,$	$M=6.4$	(Io=8, Τεπελένι)
		βλάβες στην Κόνιτσα, Ιωάννινα				
1867	27 Ιανουαρίου	$\varphi=39.6,$	$\lambda=20.8,$	$h=n,$	$M=6.2$	(Io=8, Γιάννινα)
		μικρή διάρκεια, Αργυρόκαστρο, Αυλώνα				
1871	9 Απριλίου	$\varphi=39.5,$	$\lambda=20.1,$	$h=n,$	$M=6.0$	(Io=8, Κέρκυρα)
1872	11 Φεβρουαρίου	$\varphi=39.7,$	$\lambda=20.2,$	$h=n,$	$M=6.2$	(Io=9, Σαγιάδα)
		Σαγιάδα και Κονίσπολη				
1895	14 Μαΐου	$\varphi=39.4,$	$\lambda=20.5,$	$h=n,$	$M=6.2$	(Io=8, Μαργαρίτι)
		Παραμυθιά, Τερβοχώρι, Φιλιάτες, Πεδιάδα Ιωαννίνων / Πολλοί μετασεισμοί				
1897	17 Ιανουαρίου	$\varphi=39.9,$	$\lambda=20.0,$	$h=n,$	$M=6.2$	(Io=9, Δελβίνο)
1898	31 Ιουλίου	$\varphi=39.6,$	$\lambda=20.7,$	$h=n,$	$M=6.3$	(Io=8, Ιωάννινα)
1915	19 Αυγούστου	$\varphi=39.2,$	$\lambda=20.2,$	$h=n,$	$M=6.1$	(Io=7, Γαίος)
1917	23 Μαΐου	$\varphi=39.0,$	$\lambda=20.5,$	$h=n,$	$M=6.1$	(Io=6, Πρέβεζα)
1919	22 Δεκεμβρίου	$\varphi=40.1,$	$\lambda=20.7,$	$h=n,$	$M=6.3$	(Io=9, Πέσκοβιτς)
		μικρές βλάβες στη Κόνιτσα / μετασεισμός				
1920	26 Νοεμβρίου	$\varphi=40.3,$	$\lambda=20.0,$	$h=n,$	$M=6.3$	(Io=10, Τεπελένι)
		έντονα αισθητός στα Ιωάννινα, Κόνιτσα, Κέρκυρα				
1921	13 Σεπτεμβρίου	$\varphi=38.9,$	$\lambda=21.2,$	$h=n,$	$M=6.0$	(Io=8, Αμφιλοχία)
		αισθητός στα Ιωάννινα				
1960	26 Μαΐου	$\varphi=40.6,$	$\lambda=20.7,$	$h=n,$	$M=6.5$	(Io=8+, Πολένη)
		έντονα αισθητός στα Ιωάννινα (χωριά)				
1967	1 Μαΐου	$\varphi=39.5,$	$\lambda=21.2,$	$h=n,$	$M=6.4$	(Io=9, Δροσοπηγή)
		Πράματα, Μεγ. Περιστέρι				
1967	30 Μαΐου	$\varphi=41.4,$	$\lambda=20.4,$	$h=n,$	$M=6.3$	(Io=10, Επισκοπή)
		αισθητός στα Ιωάννινα				

Πίν.5.7: Σεισμοί περιοχής λίμνης Παμβώτιδας[9]

### 4.3. Υδρογεωλογία

Η λεκάνη των Ιωαννίνων είναι μία πόλγη, αποτέλεσμα τεκτονικών γεγονότων και της καρστικής εξέλιξης επί των ασβεστολίθων της εσωτερικής και αξονικής Ιόνιας ζώνης. Στην επαφή των ανθρακικών σχηματισμών με τις τεταρτογενείς αποθέσεις της λεκάνης εκδηλώνονται μια σειρά από πηγές, κυρίως ανατολικά, ενώ αποστραγγίζεται από

καταβόθρες κυρίως νότια και δυτικά.[9]

Ανατολικά αναπτύσσεται η υδρογεωλογική ενότητα του Μιτσικελίου που τροφοδοτεί πλευρικά τις αποθέσεις εντός της λεκάνης. Δυτικά εμφανίζεται το περίπλοκο σύστημα του αντικλινόριου των Ιωαννίνων, το οποίο αναπτύσσεται στους ανθρακικούς σχηματισμούς εκτός του Μιτσικελίου και εκφορτίζεται κυρίως εκτός της λεκάνης των Ιωαννίνων (λεκάνες Καλαμά, Λούρου, Αράχθου).

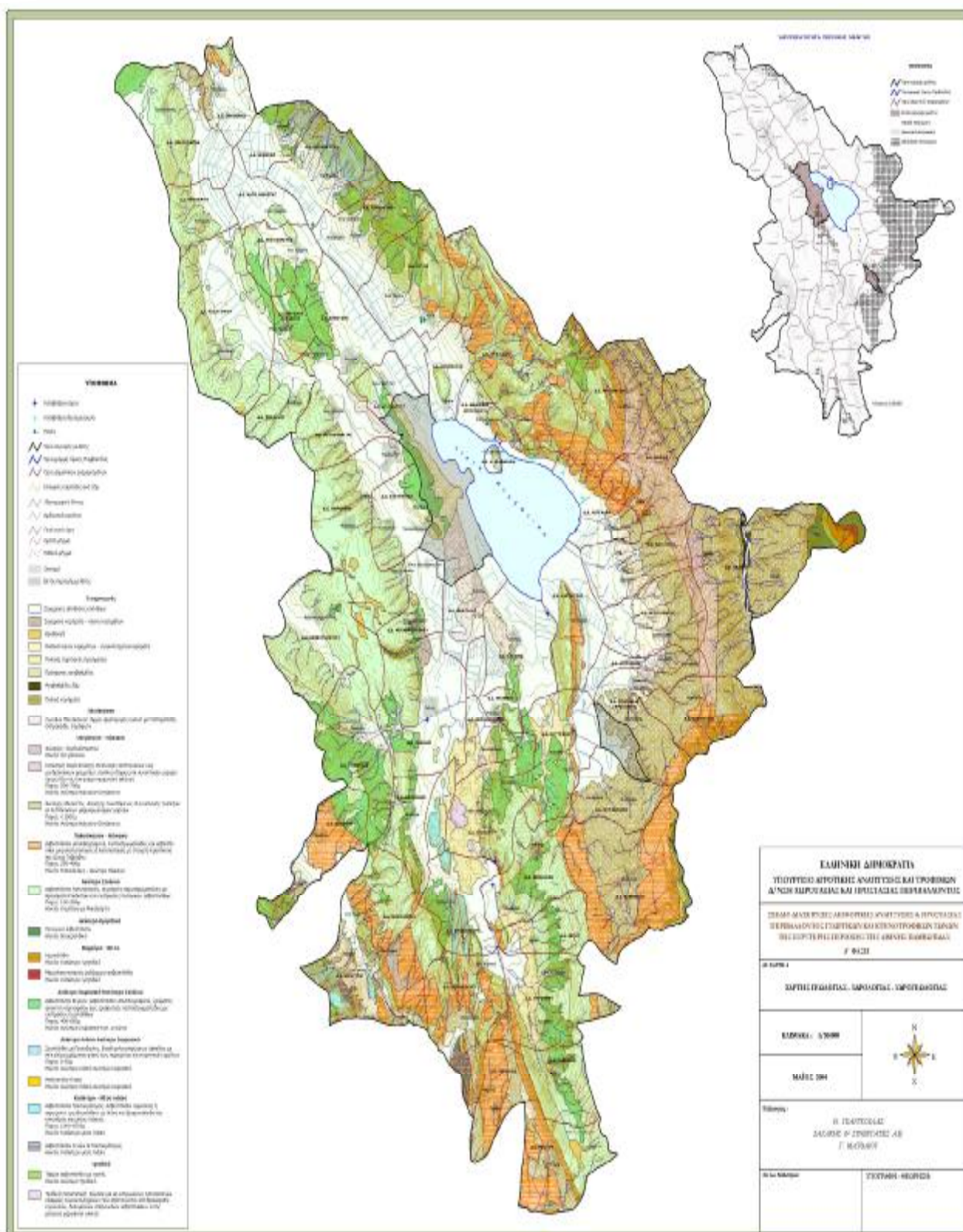
Η παρουσία του σχηματισμού της Βίγλας στο υπόβαθρο της πόλης και η περιορισμένη περατότητα των αποθέσεων της λεκάνης οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα καρστικά συστήματα Μιτσικελίου και αντικλινόριου Ιωαννίνων δεν επικοινωνούν.

Στο πεδινό τμήμα της λεκάνης, όπου κυριαρχούν ιζήματα λιμναίας φάσης, η κοκκομετρική διαβαθμισή τους διαφοροποιεί τα πρηνή (αδρομερή ποταμοχειμάρρια) από το κέντρο των υπολεκανών (λεπτομερή). Στις αδρομερείς αποθέσεις αναπτύσσεται φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας, ενώ όπου υπόκεινται λεπτομερών αποθέσεων δημιουργούνται, υπό πίεση, υδροφόροι. Στο φρεάτιο υδροφόρο ορίζοντα αναπτύχθηκαν πηγάδια. Τα τελευταία χρόνια μερικά εξ αυτών μετατράπηκαν σε βόθρους με άγνωστα αποτελέσματα για την ποιότητα των υπόγειων νερών (στοιχεία από την επίσκεψη στην περιοχή μελέτης).

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που δομούν την περιοχή έχουν την εξής υδρολιθολογική συμπεριφορά:

- εβαπορίτες και τριαδικά λατυποπαγή, θεωρούνται γενικά αδιαπέρατοι.
- οι ασβεστόλιθοι έχουν διαφορετική συμπεριφορά ανάλογα με την καρστικοποίησή τους. Οι ασβεστόλιθοι Σενωνίου και Παντοκράτορα χαρακτηρίζονται από υψηλή περατότητα. Μικρότερες τιμές παρουσιάζουν οι ασβεστόλιθοι Παλαιόκαινου και Ηώκαινου. Ο σχηματισμός της Βίγλας, όπως προαναφέρθηκε θεωρείται πρακτικά στεγανός.
- ο φλύσχος χαρακτηρίζεται από εναλλαγές ψαμμιτικού και αργιλικού υλικού. Γενικά θεωρείται αδιαπέρατος, περιορισμένη υδροφορία αναμένεται στην περιοχή που επικρατούν οι ψαμμιτικές ενστρώσεις.
- οι αποθέσεις του Βουρδιγαλίου έχουν αντίστοιχη συμπεριφορά του φλύσχη.
- Μειοπλεοκαινικές αποθέσεις. Επικρατούν οι αδιαπέρατοι σχηματισμοί με αυξημένη περατότητα όπου επικρατούν αδρομερή υλικά.
- Αλλούβια. Περατοί σχηματισμοί.





Εικ.5.2: Χάρτης γεωλογίας – υδρογεωλογίας Ηπείρου[15]

Το καρστικό σύστημα της λίμνης Παμβώτιδας αποτελεί το νοτιοδυτικό τμήμα του

Μιτσικελίου, το υπερυψούμενο της Παμβώτιδας και καταλαμβάνει μία έκταση περίπου 30km<sup>2</sup>. Στη Βορειοανατολική ζώνη της λίμνης εκδηλώνονται καρστικές πηγές που εκφορτίζουν το καρστικό σύστημα του νοτιοδυτικού τμήματος του Μιτσικελίου. Πρόκειται για τις πηγές Σαντινίκου, Αμφιθέας, Ντραμπάντοβας. Το νοτιοδυτικό τμήμα του Μιτσικελίου διακρίνεται από το βόρειο τμήμα λόγω γεωλογικών - τεκτονικών χαρακτηριστικών, αλλά και διαφορετικής υδροχημικής ταυτότητας. Αυτή συνίσταται στην παρουσία αυξημένης αλατότητας λόγω επαφής με διάπειρους ορυκτού αλατιού.

Το Βόρειο τμήμα του Μιτσικελίου εκφορτίζεται κυρίως από τις πηγές Κρύας και Τούμπας από όπου υδροδοτούνται η πόλη των Ιωαννίνων και οι γύρω οικισμοί. Περιλαμβάνει την υψηλή ζώνη από τη στάθμη της λίμνης (370m) έως την κορυφή του Μιτσικελίου (1810m). Η γεωμετρία της υδρογεωλογικής λεκάνης του συστήματος αυτού συνδέεται άμεσα με την παλαιογεωγραφική εξέλιξη της πόλης των Ιωαννίνων. Παρουσιάζει κλίση προς τα βορειοδυτικά, της τάξης του 0,3 ‰ (Λίμνη 469m - Τούμπα 465m). Στο παρελθόν οι παροχές των πηγών Σαντινίκου, Αμφιθέας κατέληγαν στη λίμνη ανανεώνοντας τα νερά της.

Μετά την κατασκευή αργιλικού αναχώματος περιμετρικά (1974) τα νερά οδηγούνται στην τάφρο της Λαψίστας αποστερώντας τη λίμνη από την ανανέωση που πρόσφεραν (κυρίως την ξηρή περίοδο). Επιπλέον, με ρυθμιζόμενο θυρόφραγμα τα υπερχειλίζοντα νερά της λίμνης παροχετεύονται στην τάφρο της Λαψίστας.

Η περιοδικά λειτουργούσα ως καταβόθρα Ντραμπάντοβας, καθώς και οι καταβόθρες Καστρίτσας, αποστραγγίζουν επίσης την περίσσεια νερού της λίμνης. Σήμερα η Ντραμπάντοβα έχει αποκλειστεί με χωμάτινο ανάχωμα λόγω λειψυδρίας.

Σήμερα έχουν γίνει προσπάθειες για την αποκατάσταση της κίνησης των νερών από τις πηγές βορειοανατολικά της λίμνης προς τη λίμνη Παμβώτιδα, όπως γινόταν πριν την κατασκευή του αναχώματος. Η περιορισμένη, έστω, ανανέωση των νερών είναι ευεργετική, ιδίως αν τα νερά οδηγηθούν νοτιότερα και όχι δίπλα στην υπερχειλίση.[9]

## 5.4. Υδρολογία

Η λεκάνη Ιωαννίνων είναι ένα οροπέδιο ήπιου αναγλύφου, το υψόμετρο του οποίου πλησιάζει τα 500m. Ο μεγάλος του άξονας έχει διεύθυνση ΝΑ-ΒΔ, με μήκος 37km και το πλάτος του κυμαίνεται μεταξύ 3 και 11km. Η υδρολογική λεκάνη έχει επιφάνεια περίπου 510km<sup>2</sup> και οριοθετείται [9]:

- Προς τα βόρεια από το όρος Μιτσικέλι, το οποίο την οριοθετεί από τους ποταμούς Βοιδομάτη και Ζαγορίτικο.
- Προς τα ανατολικά από τον υδροκρίτη Δρίσκου - Χαροκοπίου, ο οποίος την οριοθετεί από τον ποταμό Άραχθο.
- Προς τα δυτικά από τον υδροκρίτη Κοσμηρά – Πρωτόπαπα, ο οποίος την οριοθετεί από τον ποταμό Καλαμά.
- Προς τα νότια από τον υδροκρίτη Κρυφοβού – Μανωλίαςας, ο οποίος την οριοθετεί από τον ποταμό Λούρο.

Ανάμεσα σε αυτούς τους ορεινούς όγκους εμφανίζονται οι λόφοι Μεγάλου Γαρδικίου, Αγ. Τριάδας, Μπισδουνίου, Ιωαννίνων, Κασικάς, Μπάφρας και τα λοφώδη υπολείμματα Περάματος, Νησιού, Καστρίτσας.

Οι λοφώδεις αυτοί σχηματισμοί χωρίζουν τη λεκάνη σε τρεις υπολεκάνες :

- Πεδινής, Ανατολής, Βουνοπλαγιάς,
- Ροδοτοπίου, Λαψίστας, Κρύας, Ελεούσας και
- Κασικάς, Καστρίτσας, Πόρου.

Η λίμνη Παμβώτιδα αποτελεί το κυριότερο υδρογραφικό χαρακτηριστικό της λεκάνης. Η λίμνη τροφοδοτείται από τα όμβρια ύδατα, τα οποία προέρχονται από τους γύρω προαναφερθέντες ορεινούς όγκους και εισρέουν στο χώρο της ως επιφανειακά, ως πηγαία και ως υπόγεια ύδατα. Παρουσιάζει, όμως, και εκροή υπόγεια (διαμέσου καταβοθρών), αλλά και επιφανειακή προς τον ποταμό Καλαμά (διαμέσου της διώρυγας της Λαψίστας).

Παλιότερα, εκτός από την Παμβώτιδα, σχηματιζόταν στο βορειοδυτικό τμήμα της πεδινής έκτασης της λεκάνης μία ακόμα λίμνη, η Λαψίστα, με έκταση περίπου 10 τ. χλμ. Την ίδια εποχή η Παμβώτιδα είχε υψηλότερη στάθμη και πολύ μεγαλύτερη έκταση (περιέβρεχε το λόφο Καστρίτσας). Οι δύο λίμνες επικοινωνούσαν μεταξύ τους και αποχετεύονταν μέσω καταβοθρών προς τον Καλαμά. Η μεταξύ των δύο λιμνών

εδαφική έκταση ήταν ελώδης.

Με τα αποστραγγιστικά-αποχετευτικά έργα που κατασκευάστηκαν, αποξηράνθηκε η λίμνη Λαψίστα και το μεταξύ των λιμνών έλος και αποδόθηκαν στην καλλιέργεια, ενώ παράλληλα έγινε δυνατός ο έλεγχος της στάθμης της λίμνης Ιωαννίνων. Τα κυριότερα από τα έργα αυτά είναι:

A) η τάφρος Λαψίστας, μήκους 17.100m και παροχετευτικότητας  $40\text{m}^3/\text{sec}$ , που ξεκινάει από τη λίμνη Παμβώτιδα κοντά στο Πέραμα, προς την οποία οδηγούνται οι υπερχειλίσεις της λίμνης, από το ρυθμιστικό έργο.

B) η σήραγγα Λαψίστας, όπου καταλήγει η τάφρος Λαψίστας, μήκους 4.200m και παροχετευτικότητας  $40\text{m}^3/\text{sec}$ , που διοχετεύει τα νερά της τάφρου προς τον παραπόταμο Βελτσίστικο ή Βελτσιοσιώτικο του Καλαμά.

Γ) η τάφρος Κουτσελιού, μήκους 6.500m και παροχετευτικότητας  $14\text{m}^3/\text{sec}$ , διοχετεύει τα νερά της περιοχής ανατολικά του λόφου Καστρίτσας προς τη λίμνη.

Δ) οι τάφροι Λαγκάτσας και Κοσμηράς, με μήκη 6.810m και 2.900m που οδηγούν τα νερά της περιοχής Μπάφρας-Πεδινής (ΝΔ της λίμνης) στη σήραγγα Λαγκάτσας, μήκους 1.036m και παροχετευτικότητας  $27,5\text{m}^3/\text{sec}$ , η οποία στη συνέχεια τα διοχετεύει στη λίμνη. Οι τάφροι αυτές αποχετεύουν τις σημαντικές υπολεκάνες απορροής Λαγκάτσας και Μπιζανίου συνολικής έκτασης  $132\text{km}^2$ .

Ε) το αντλιοστάσιο Κατσικά, το οποίο διοχετεύει τα νερά μιας χαμηλής έκτασης  $\sim 4.700$  στρ. της περιοχής Ανατολής στη λίμνη.

Όλα τα παραπάνω έργα λειτουργούν από το 1958 ή 1959, με εξαίρεση την τάφρο Κουτσελιού που λειτουργεί από το 1950.

Εκτός από τα παραπάνω έργα, σοβαρό ρόλο παίζουν στην αποστράγγιση-αποχέτευση της περιοχής και οι ακόλουθες καταβόθρες[9]:

A) στην περιοχή του λόφου Καστρίτσας (νότια της λίμνης) οι καταβόθρες Κουτσελιού (παροχή  $2\text{m}^3/\text{sec}$ ) και Καστρίτσας (παροχή  $0,8\text{m}^3/\text{sec}$ ).

B) στην περιοχή Μπάφρας-Πεδινής (νοτιοδυτικά της λίμνης) οι καταβόθρες Μπάφρας (παροχετευτικότητας  $2,5\text{m}^3/\text{sec}$ ) και Πεδινής (παροχετευτικότητας  $2,5\text{m}^3/\text{sec}$ ) που αποτελούν τη μοναδική οδό στράγγισης των νερών των αντίστοιχων περιοχών και

εξυπηρετούν εκτάσεις  $5 \text{ km}^2$  και  $3 \text{ km}^2$  .

Γ) στην περιοχή της εισόδου της σήραγγας Λαψίστας οι καταβόθρες Ροδοτοπίου (παροχетеυτικότητας  $5 \text{ m}^3/\text{sec}$ ) και Λαψίστας (παροχетеυτικότητας  $1 \text{ m}^3/\text{sec}$ ), που λειτουργούν βοηθητικά σε περιπτώσεις μεγάλων πλημμυρών.

Δ) στην περιοχή Μουσείου Βρέλλη, κοντά στην εθνική οδό. Για τη λεκάνη που αναπτύσσεται στην περιοχή, είχε προταθεί τα νερά της εποχικής λίμνης να παροχетеυθούν στην Παμβώτιδα. Ο όγκος της λίμνης όμως συνεχώς μειώνεται εξαιτίας της απόθεσης μπαζών. Η γεινίαση με την εθνική οδό ενέχει κίνδυνο περαιτέρω επιχωμάτωσης για την εγκατάσταση βιοτεχνιών, πρατηρίων κλπ.

Αναλυτικότερα[9]:

- Ø στην λίμνη καταλήγει ένα φυσικό και τεχνητό υδρογραφικό σύστημα που αποστραγγίζει τις υπολεκάνες Ανατολής - Βουνοπλαγιάς και Κασικιάς – Καστρίτσας - Πόρου.
- Ø η ανατολική πλευρά της λίμνης βρίσκεται σε επικοινωνία με καρστικό υδροφόρο ορίζοντα που αναπτύσσεται στους ανθρακικούς σχηματισμούς του Μιτσικελίου.
- Ø η λίμνη υπερχειλίζει προς την πλευρά του Περάματος και με θυροφράγματα ελέγχεται η στάθμη της. Η υπερχείλιση της οδηγείται μέσω της κεντρικής τάφρου (μήκους  $17 \text{ km}$  και παροχетеυτικότητας  $40 \text{ m}^3/\text{sec}$ ) στη σήραγγα Λαψίστας (μήκους  $4,2 \text{ km}$  και παροχетеυτικότητας  $40 \text{ m}^3/\text{sec}$ ) και καταλήγουν στον ποταμό Καλαμά. Οι περιοχές Ροδοτοπίου, Λαψίστας, Κρύας, Ελεούσας αποστραγγίζονται απευθείας στην κεντρική τάφρο.
- Ø οι πηγές υπερχείλισης που τροφοδοτούνται από το Μιτσικέλι βρίσκονται σε άμεση υδραυλική επικοινωνία με τη λίμνη. Στη Ντραμπάτοβα υπάρχει η εσταβέλλα, που επικοινωνεί με τη λίμνη μέσω μικρής τάφρου και ανάλογα με τη στάθμη της λίμνης λειτουργεί ως πηγή ή καταβόθρα. Κοντά στη Ντραμπάτοβα υπάρχουν οι πηγές της Αμφιθέας και Στρούνι που αποστραγγίζονται στην τάφρο Λαψίστας.
- Ø στη συνέχεια εμφανίζεται η πηγή Κρύας. Από την πηγή αυτή και με υδρομαστευτικά έργα εξασφαλίζεται η ύδρευση της πόλης των Ιωαννίνων. Στο νερό των γεωτρήσεων παρατηρήθηκαν φαινόμενα ρύπανσης που μπορούν να αποδοθούν στη λειτουργία των ποιμνιοστασίων ανάντη των πηγών.
- Ø Βορειότερα βρίσκεται η πηγή Τούμπας, όπου έχουν γίνει γεωτρήσεις για την

ύδρευση 40 κοινοτήτων της λεκάνης Ιωαννίνων. Η υπερχειλίση και αυτών των πηγών καταλήγει στην τάφρο Λαψίστας.

Χρόνος	Στάθμη m	A Km <sup>2</sup>	V 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	DV 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Pump 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	R 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Evap 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Stream 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Out 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Resid 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Απρ 98	470,27	17,05	47,2	- 0,2	0					
Μάιος 98	470,26	17,03	47,0	- 0,5	0	2,3	2,3	2,0	1,0	- 1,5
Ιούν 98	470,23	16,94	46,6	- 1,9	0,8	1,4	3,1	0,4	0,6	0,8
Ιουλ 98	470,10	16,55	44,7	- 6,7	3,6	0,0	3,7	0,2	0,0	0,4
Αύγ 98	469,64	15,16	38,0	- 4,2	2,3	0,9	3,0	0,1	0,0	0,1
Σεπτ 98	469,35	14,29	33,8	0,2	0	1,6	1,2	0,0	0,0	- 0,1
Οκτ 98	469,36	14,33	34,0	0,7	0	1,4	0,6	0,2	0,0	- 0,3
Νοέμ 98	469,41	14,48	34,7	8,5	0	4,1	0,4	4,4	0,0	0,4
Δεκ 98	470,00	16,25	43,2	4,0	0	2,0	0,5	10,2	2,5	- 5,3
Ιαν 99	470,27	17,05	47,2	1,1	0	1,4	0,3	2,0	0,3	- 1,8
Φεβρ99	470,33	17,20	48,3	- 0,2	0	2,2	0,5	4,1	8,7	2,9
Μάρτ 99	470,32	17,18	48,1		0	1,7	0,9	3,0	11,5	7,6

Πίνακας 5.7. Μηνιαίο ισοζύγιο νερού από Απρίλιο 1998 – Μάρτιο 1999.[9]

Από τα παραπάνω δεδομένα θα λάβουμε υπόψη τα παρακάτω συμπεράσματα που θα μας βοηθήσουν στον σχεδιασμό του Περιβαλλοντικού Πάρκου Παμβώτιδας:

- Από τα κλιματολογικά στοιχεία προκύπτει ότι το κλίμα στην περιοχή είναι ψυχρό και υγρό. Τα νεροκάλαμα (*Phragmites australis*) είναι ανθεκτικά σε τέτοιου είδους κλίματα και επομένως μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την φύτευση των τεχνητών υγρότοπων του πάρκου.[44]
- Η περατότητα του εδάφους και των υπερκείμενων στρωμάτων στην περιοχή μελέτης(πάρκου) είναι πολύ μικρή (αδιαπέρατα στρώματα). Το έδαφος είναι αργιλικό με μικρό ποσοστό άμμου και χαλίκων.
- Η ευρύτερη περιοχή του πάρκου αποστραγγίζεται επιφανειακά από δύο κανάλια – τάφρους που οριοθετούν ουσιαστικά την περιοχή του πάρκου. Τα κανάλια αυτά τροφοδοτούν τη λίμνη.
- Η επιφανειακή απορροή των υδάτων της περιοχής που καταλήγουν στα δύο κανάλια έχει ως αποτέλεσμα την επιβάρυνσή τους με ρυπαντικά φορτία από τις παρακείμενες καλλιέργειες και από τις κτηνοτροφικές μονάδες της περιοχής.

## 6. Σχεδιασμός τεχνητών υγρότοπων στα πλαίσια του Περιβαλλοντικού Πάρκου

### 6.1. Βασικά βήματα σχεδιασμού τεχνητών υγροβιότοπων

Τα πρωταρχικής σημασίας βήματα για τον επιτυχημένο σχεδιασμό ενός τεχνητού υγροβιότοπου περιλαμβάνουν τα ακόλουθα[26]:

- Την ακριβή εκτίμηση των παροχών εισροής και των φορτίων ρύπων που εισέρχονται στον υγροβιότοπο.
- Την εκτίμηση απόδοσης του υγροβιότοπου καθώς και της έκτασης και του όγκου που είναι απαραίτητα για την επίτευξη των ελάχιστων ορίων ποιότητας της εκροής.
- Το σχεδιασμό ελέγχων των υδρολογικών και υδραυλικών χαρακτηριστικών του υγροβιότοπου με σκοπό να επιτευχθεί επίπεδο απόδοσης συγκρίσιμο με την απόδοση των λειτουργούντων συστημάτων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή εμπειρικών τοπικών σταθερών.
- Τη δημιουργία και διατήρηση των χημικών, φυσικών και βιολογικών στοιχείων του συστήματος του υγροβιότοπου που είναι αναγκαία για την επίτευξη των αναμενόμενων ρυθμών επεξεργασίας των ρύπων.

Αρκετά συμπληρωματικά ζητήματα είναι σημαντικά στο σχεδιασμό και στη λειτουργία τεχνητών υγροβιότοπων. Αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν τάφρους και αναχώματα, διατάξεις ελέγχου της εισόδου και εξόδου του νερού, συμπίεση και διαβάθμιση του εδάφους, στεγανοποίηση και άλλα. Επίσης, μηχανολογικά ζητήματα σχετικά με διατάξεις ελέγχου της ροής, θέματα κατασκευής και λειτουργίας είναι επίσης σημαντικά και περιλαμβάνουν απαιτήσεις σχετικές με την αποψίλωση των φυτών και τον καθαρισμό τους, τεχνικές επιλογής των φυτών, έλεγχο του επιπέδου της επιφάνειας του νερού, αποφυγή ενοχλητικών συνθηκών λόγω κουνουπιών ή οσμών, ασφάλεια τόσο του κοινού όσο και του προσωπικού και διαχείριση της άγρια ζωής [1].

### 6.2. Περιγραφή τεχνολογίας

Ένας υγροβιότοπος αποτελεί ένα πολύπλοκο σύνολο νερού, φυτών (αγγειακών και φυκιών), φυτικών ουσιών, ασπόνδυλων (κυρίως έντομα και σκουλήκια) και μικροοργανισμών (κυρίως βακτήρια). Οι μηχανισμοί που βελτιώνουν την ποιότητα του

νερού είναι πολυάριθμοι και συχνά σχετίζονται μεταξύ τους. Οι μηχανισμοί αυτοί περιέχουν [26]:

- Διύλιση και χημική καθίζηση των σωματιδίων μέσω της επαφής του νερού με το υπόστρωμα και τις ουσίες του
- Χημική μετατροπή
- Προσρόφηση και ανταλλαγή ιόντων στις επιφάνειες των φυτών, των υποκλινών, των ιζημάτων και των ουσιών που βρίσκονται στο έδαφος
- Αποσύνθεση, μετασχηματισμό και λήψη των ρυπαντών από μικροοργανισμούς και φυτά
- Θήρευση και φυσικός θάνατος των παθογόνων μικροοργανισμών

Η αποτελεσματική χρήση των υγροβιότοπων εξαρτάται από την κατάλληλη προεπεξεργασία των αποβλήτων, τις συντηρητικές συνιστώσες και τα υδραυλικά ποσοστά φόρτισης, τη συλλογή πληροφοριών για την αποτίμηση του συστήματος παραγωγής και τη γνώση επιτυχημένων στρατηγικών λειτουργιών.

Μια κοινή δυσκολία που χαρακτηρίζει τους τεχνητούς υγροβιότοπους είναι η δυσκολία παροχής οξυγόνου μέσα στο νερό. Όταν οι υγροβιότοποι είναι υπερφορτισμένοι από τα λύματα τα οποία απαιτούν οξυγόνο ή λειτουργούν σε μεγάλο βάθος, δημιουργούνται μειωμένες συνθήκες οξυγόνωσης στα ιζήματα έχοντας ως αποτέλεσμα το φυτικό στρες

### **6.3. Μοντέλα Σχεδιασμού τεχνητών υγροβιότοπων**

Η μοντελοποίηση συστημάτων τεχνητών υγροβιότοπων γίνεται κυρίως με στατιστική ανάλυση δεδομένων εισροής και εκροής από λειτουργούσες εγκαταστάσεις. Ένας τρόπος αξιοποίησης των δεδομένων εισόδου και εξόδου είναι οι εξισώσεις γραμμικής παλινδρόμησης [24]. Το μειονέκτημα των γραμμικών αυτών εξισώσεων είναι ότι αντιμετωπίζουν το σύστημα των τεχνητών υγροβιότοπων σαν ένα μαύρο κουτί, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τις εσωτερικές διεργασίες. Οι εξισώσεις αυτές καταλήγουν να περιγράφουν ένα περίπλοκο σύστημα με τη χρήση μόνο δύο ή τριών παραμέτρων [27].

Ένας άλλος τρόπος για τη μοντελοποίηση συστημάτων τεχνητών υγροβιότοπων είναι τα μοντέλα πρώτης τάξης, τα οποία είναι ευρέως διαδεδομένα και χρησιμοποιούνται



ευρέως στο σχεδιασμό τους. Τα μοντέλα πρώτης τάξης ενσωματώνουν την επίδραση διαφόρων παραμέτρων, όπως είναι η συγκέντρωση εισροής, η παροχή και η θερμοκρασία, ενώ υποθέτουν ότι η συμπεριφορά των συστημάτων προσομοιώνεται από έναν αντιδραστήρα εμβολικής ροής.

### 6.3.1. Γενικές διαδικασίες σχεδιασμού

Όλα τα συστήματα τεχνητών υδροβιότοπων μπορούν να θεωρηθούν ως συσχετιζόμενοι με την ανάπτυξη βιολογικοί αντιδραστήρες και η απόδοσή τους μπορεί να υπολογισθεί με εφαρμογή κινητικής πρώτου βαθμού κινητική για την απομάκρυνση BOD και αζώτου. Η βασική σχέση για αντιδραστήρες εμβολικής ροής δίνεται από τη σχέση [27]:

$$\frac{C_e}{C_0} = e^{-K_T t}$$

$C_e$  = η συγκέντρωση εκροής του ρύπου, mg/L

$C_0$  = συγκέντρωση εισροής του ρύπου, mg/L

$K_T$  = η εξαρτώμενη από τη θερμοκρασία πρώτου βαθμού σταθερά ρυθμού αντίδρασης,  $d^{-1}$

$t$  = ο υδραυλικός χρόνος παραμονής, d

Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής στον υδροβιότοπο μπορεί να υπολογισθεί με τη χρήση:

$$t = \frac{LWyn}{Q}$$

$L$  = το μήκος του (ορθογώνιου)κελίου του υδροβιότοπου, m

$W$  = το πλάτος του κελίου του υδροβιότοπου, m

$y$  = το βάθος του νερού στο κελί του υδροβιότοπου, m

$n$  = το πορώδες, ή το διάστημα που είναι διαθέσιμο για το νερό να ρέει διαμέσου του υδροβιότοπου. Η βλάστηση καταλαμβάνει κάποιο διάστημα στους υδροβιότοπους επιφανειακής ροής και το ίδιο συμβαίνει στους υπόγειας και κατακόρυφης ροής με το πληρωτικό μέσο, τις ρίζες και άλλα στερεά. Το πορώδες εκφράζεται ως δεκαδικός αριθμός.

Η μέση ροή  $Q$  ( $m^3/d$ ) διαμέσου του υγροβιότοπου υπολογίζεται με χρήση της παρακάτω εξίσωσης:

$$Q = \frac{Q_{in} + Q_{out}}{2}$$

## 6.4. Γενικά κατασκευαστικά στοιχεία

### 6.4.1. Έλεγχος φορέων εντόμων

Τα συστήματα τεχνητών υγροβιότοπων επιφανειακής ροής αποτελούν ιδεώδεις κατοικίες αναπαραγωγής κουνουπιών. Κατά το σχεδιασμό τους, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή αφού τα κουνούπια μπορούν να γίνουν φορείς μεταδόσεως νόσων στις γύρω κοινότητες. Η φύση του υγροβιότοπου επηρεάζει τα είδη των κουνουπιών που αναπτύσσονται και το ρυθμό αναπαραγωγής τους. Καινούριοι υγροβιότοποι στους οποίους αναπτύσσεται βλάστηση μπορεί να παρέχουν κατάλληλες συνθήκες για κάποια παθογενή είδη και να παράγεται μεγάλος αριθμός κουνουπιών μέσα σε λίγες εβδομάδες. Υγροβιότοποι με πιο σταθερές συνθήκες ροής στους οποίους έχει αναπτυχθεί ένα σύνθετο οικοσύστημα με διάφορα είδη ζώων και φυτών, γενικά φιλοξενούν μικρότερο αριθμό κουνουπιών αν και σε αυτούς μπορεί να εμφανισθεί μεγαλύτερη ποικιλία ειδών. Συγκεκριμένα, είναι δυνατόν να καταστούν φορείς διάφορων ειδών παθογενών οργανισμών όπως ορισμένων πρωτόζωων (Μαλάρια), νηματοειδών (Φιλάρια) και κάποιων ιών (κυρίως ιών εγκεφαλίτιδας) [36].

Είναι χαρακτηριστικό ότι στους τεχνητούς υγροβιότοπους η πυκνότητα κουνουπιών μπορεί να είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή που αναπτύσσεται σε φυσικούς υγροβιότοπους. Τα κυριότερα είδη που αφορούν τη δημόσια υγεία είναι τα *Anopheles* spp., *Culex* spp., *Coquillellidia* και *Mansonia*. Μολονότι υπάρχουν πολλοί παράγοντες που σχετίζονται με ασθένειες που οφείλονται στα κουνούπια, ο κυριότερος που λαμβάνεται υπόψη στην ανάλυση επικινδυνότητας είναι η πυκνότητα του πληθυσμού τους. Είναι πολύ δύσκολο να καθορισθεί ένα ανώτατο όριο πέρα από το οποίο ο πληθυσμός των κουνουπιών αποτελεί κίνδυνο για τη δημόσια υγεία γιατί η επικινδυνότητα σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό και με την υπό μελέτη περιοχή. Η ανάλυση επικινδυνότητας απαιτεί ολοκληρωμένη παρακολούθηση, αναγνώριση των ειδών που εμφανίζονται, αξιολόγηση τόσο του ρυθμού με τον οποίο αυτά αναπτύσσονται όσο και της πιθανότητας να έρθουν σε επαφή με ανθρώπους και ζώα [11]. Έτσι, ο σχεδιασμός των συστημάτων αυτών πρέπει να περιλαμβάνει βιολογικό έλεγχο κουνουπιών,

όπως η δημιουργία συνθηκών ανάπτυξης του είδους ψαριού *Gambusia affinis*, σε συνδυασμό βέβαια με χημικό έλεγχο τους. Σημειώνεται ότι είναι απαραίτητα επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου άνω του 1 mg/L για τη διατήρηση πληθυσμού ψαριών αυτού του είδους. Επίσης, αραίωση της φυτικής βλάστησης ίσως θεωρείται απαραίτητη για τον περιορισμό τμημάτων, που δεν είναι προσιτά στην ανάπτυξη ιχθυοπληθυσμού [1].

Στον υδροβιότοπο επιφανειακής ροής στην Areata της Καλιφόρνιας χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία το ψάρι *Gambusia* και μια χρυσαλίδα (*Altosid*) για τον έλεγχο των κουνουπιών. Βακτηριακά εντομοκτόνα (*Bacillus thuringiensis israeliensis* και *B. Sphaerius*) έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε αρκετά συστήματα υδροβιότοπων. Η χρήση του *B. thuringiensis* συστήθηκε προς χρήση μετά από δοκιμές με αρκετά εντομοκτόνα σε συστήματα υδροβιότοπων στο Kentucky. Οι κλίσεις των επιφανειών των περιεχόμενων αναχωμάτων πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο απότομες και οποιαδήποτε βλάστηση στις επιφάνειες αυτές πρέπει να ελέγχεται. Η παρουσία φυτικών ειδών όπως η λέμνα (*duckweed*) είναι δυνατόν να συμβάλλει επίσης στον έλεγχο των εντόμων καλύπτοντας την επιφάνεια του νερού, όμως αυτό θα παρέμβει και στη μεταφορά οξυγόνου από την ατμόσφαιρα [11].

Ο έλεγχος των κουνουπιών με χρήση ψαριών είναι σχετικά εύκολος σε τεχνητούς υδροβιότοπους υπό τον όρο ότι τα μόνιμα ύδατα εκρέουν και αποφεύγονται ιδιαίτερα ανοξικές συνθήκες. Πολλοί υδροβιότοποι που λαμβάνουν μόνο εισροές μη σημειακής ρύπανσης ίσως περιοδικά καταστούν ξηροί, με αποτέλεσμα την ολική απώλεια των πληθυσμών ψαριών που τρέφονται με κουνούπια. Χωρίς φυσικό ή τεχνητό εφοδιασμό με τα ψάρια αυτά, οι τεχνητοί υδροβιότοποι είναι πιθανόν να καταλήξουν σε ιδιαίτερα αρνητικές συνθήκες όταν είναι τοποθετημένοι κοντά σε κατοικημένες περιοχές [11].

#### 6.4.2 Εξατμισοδιαπνοή

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των υδροβιότοπων στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων είναι οι απώλειες λόγω εξατμισοδιαπνοής. Ως εξατμισοδιαπνοή ορίζεται το μέρος εκείνο των κατακρημνισμάτων που επανέρχεται στην ατμόσφαιρα εξατμιζόμενο είτε από την ελεύθερη επιφάνεια του υδροβιότοπου είτε από τη διαπνοή των φυτών (Διαμαντής, 1999). Οι απώλειες αυτές δύναται να είναι αρκετά σημαντικές, επομένως είναι αναγκαίο να τις λαμβάνουμε σοβαρά υπ' όψιν για το σωστό σχεδιασμό του συστήματος. Η εξατμισοδιαπνοή αυξάνει το χρόνο παραμονής και τη συγκέντρωση των διαλυμένων συστατικών των αποβλήτων, ενώ σημαντικό πρόβλημα μπορεί να

προκληθεί όταν η εισερχόμενη παροχή των αποβλήτων είναι μικρότερη της εξατμισοδιαπνοής και δεν έχουμε βροχοπτώσεις [11].

### 6.4.3 Ατμοσφαιρική ρύπανση

Οι τεχνητοί υγροβιότοποι κι ιδιαίτερα οι επιφανειακής ροής, λειτουργούν ως χαμηλής απόδοσης «απογυμνωτές» (air strippers). Πτητικά συστατικά εγκαταλείπουν τα υγρά απόβλητα και εισέρχονται στην ατμόσφαιρα μετατρέποντας με αυτόν τον τρόπο ένα ρύπο του νερού σε ατμοσφαιρικό ρύπο. Οπότε, είναι απαραίτητο να ληφθεί υπ' όψιν η πιθανότητα υποβάθμισης του αέρα μέσω αυτής της διεργασίας. Για οργανικούς ρύπους χαμηλών συγκεντρώσεων, η αέρια ρύπανση που προξενείται με αυτόν τον τρόπο είναι αμελητέα. Όμως, στην περίπτωση εξαέρωσης της αμμωνίας είναι δυνατόν να προκληθεί τοπική ανησυχία. Μάλιστα, υπάρχει πιθανότητα, στο μέλλον, οι νόμοι που θα αφορούν την ποιότητα του αέρα να απαιτούν σχεδιαστικούς περιορισμούς που θα βασίζονται στις εκπομπές πτητικών ουσιών [24].

### 6.4.4 Περιορισμοί ψυχρού κλίματος

Μολονότι πολλοί τεχνητοί υγροβιότοποι στον πλανήτη βρίσκονται σε εύκρατες και ψυχρές-εύκρατες ζώνες, αυτές οι κλιματικές συνθήκες δεν είναι ιδανικές για επεξεργασία αποβλήτων. Όλες οι χημικές αντιδράσεις επιβραδύνονται όσο η θερμοκρασία ελαττώνεται κι αυτό συμβαίνει για τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στους τεχνητούς υγροβιότοπους [11].

### 6.4.5 Σχηματισμός πάγου

Ο πάγος έχει απρόβλεπτες επιδράσεις στους τεχνητούς υγροβιότοπους, ιδιαίτερα στους επιφανειακής ροής. Σε χιονώδη κλίματα, αν αρκετό χιόνι συσσωρεύεται γύρω από τα φυτά κτλ., τότε η πήξη του νερού που βρίσκεται από κάτω εμποδίζεται σημαντικά. Εντούτοις, αν ο πάγος σχηματίζεται γύρω από τους μίσχους φυτών (και συγκρατείται από αυτούς) τότε ο πάγος αυξάνεται προς τα κάτω εντός του νερού, προκαλώντας τα όρια του νερού να χαμηλώσουν ταχύτατα. Η στένωση της

ροής μπορεί να οδηγήσει σε πλημμύρα, περαιτέρω πήξη και υδραυλική αποτυχία. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί με εφαρμογή οριζόντιας ροής τύπου υγροβιότοπων με μεγαλύτερο βάθος νερού το χειμώνα. Πρωταρχικά αποτελέσματα από αριθμητικά μοντέλα επίσης προτείνουν ότι η κάλυψη επιφανειακής ροής υγροβιότοπων με πολυστυρένιο (XPS, 10 cm) είναι επαρκής να αποτρέψει το σχηματισμό πάγου, ακόμη κι αν οι θερμοκρασίες πέφτουν στους  $-10^{\circ}\text{C}$  για περιόδους διάρκειας εβδομάδων.

Η ευαισθησία των υγροβιότοπων υπόγειας ροής στα προβλήματα πάγου είναι μικρότερη σε σχέση με τα προβλήματα των επιφανειακής ροής. Η ακόρεστη επιφάνεια στρώματος λειτουργεί ως μονωτής. Πιστεύεται ότι τα συστήματα κατακόρυφης ροής μπορούν να αντισταθούν περισσότερο στα προβλήματα που δημιουργεί ο πάγος σε σχέση με τα οριζόντιας ροής [11].

#### **6.4.6 Συνέπειες τήξης του πάγου**

Ένα δεύτερο πρόβλημα με τους υγροβιότοπους ψυχρών κλιμάτων είναι η τήξη που παρατηρείται την άνοιξη. Η σοβαρότητα του προβλήματος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθος της περιοχής συλλογής αποβλήτων για τον υγροβιότοπο. Αν η περιοχή συλλογής είναι μεγάλη, η τήξη θα μειώσει σε έντονο βαθμό το χρόνο παραμονής των αποβλήτων εντός του συστήματος. Αυτό με τη σειρά του επηρεάζει το επίπεδο μείωσης  $\text{BOD}_5$  και απομάκρυνσης θρεπτικών [11].

#### **6.4.7 Βιοχημικές αντιδράσεις και πρόσληψη θρεπτικών**

Η θερμοκρασία επηρεάζει το ρυθμό με τον οποίο λαμβάνουν χώρα οι βιογεωχημικές διεργασίες. Σε ψυχρά κλίματα, ο ρυθμός με τον οποίο η βιομάζα απορροφά θρεπτικά θα είναι σημαντικά χαμηλότερος σε σχέση με τα θερμά, υποτροπικά ή τροπικά κλίματα. Στην πραγματικότητα, η επιφάνεια επεξεργασίας που απαιτείται ώστε να μεταφέρει το 90% των θρεπτικών στη βιομάζα αυξάνεται από περίπου 7 ha στους  $20^{\circ}\text{C}$  στα 35 ha στους  $0^{\circ}\text{C}$ . Εντούτοις, αυτό δεν είναι πρακτικά σημαντικό αν δεν απαιτείται ανακύκλωση θρεπτικών[32].

#### **6.4.8 Αξιολόγηση των διαδικασιών έμφραξης υποστρώματος**

Πέραν πάσης αμφιβολίας, το μεγαλύτερο λειτουργικό πρόβλημα των τεχνητών υγροβιότοπων στις ημέρες μας είναι οι εμφράξεις (clogging) της επιφάνειας του φίλτρου κλινών κατακόρυφης ροής. Ο όρος «έμφραξη υποστρώματος» περιλαμβάνει πολλές διεργασίες που οδηγούν σε μείωση της ικανότητας διήθησης της επιφάνειας του υποστρώματος. Η έμφραξη υποστρώματος οδηγεί σε εξαιρετικά γρήγορη αποτυχία της απόδοσης επεξεργασίας του συστήματος. Η αιτία της αποτυχίας είναι το περιορισμένο απόθεμα οξυγόνου σε έναν εμφραγμένο τεχνητό υγροβιότοπο. Η λειτουργία των τεχνητών υγροβιότοπων σε υψηλούς ρυθμούς φόρτισης χωρίς τη δημιουργία προβλημάτων έμφραξης για μεγάλη περίοδο μπορεί συνεπώς να θεωρηθεί ως μια από τις σημαντικότερες μελλοντικές έρευνες στην τεχνολογία τεχνητών υγροβιότοπων [1].

Οι κύριοι λόγοι που οδηγούν σε έμφραξη είναι η συσσώρευση αιωρούμενων στερεών και η περίσσεια παραγωγή ιλύος των περιεχόμενων μικροοργανισμών. Επίσης, η χημική κατακρήμνιση και εναπόθεση στους πόρους, η ανάπτυξη ριζωμάτων και ριζών μπορούν να φράξουν ένα μέρος του υδραυλικά ενεργού όγκου πόρων. Ο σχηματισμός και η συσσώρευση χημικών ουσιών επίσης θεωρείται ότι παίζει ρόλο έως ένα ορισμένο σημείο. Όλοι οι μηχανισμοί οδηγούν σε εσωτερικό και εξωτερικό μπλοκάρισμα του υποστρώματος του φίλτρου με τη μείωση του ενεργού όγκου πόρων και επομένως μειώνοντας την υδραυλική αγωγιμότητα του υποστρώματος. Έτσι, οι πόροι δεν μπορούν να αεριστούν όπως θα ήταν απαραίτητο για την επεξεργασία του υγρού αποβλήτου με νιτροποίηση.

Οι ακόλουθες παράμετροι επηρεάζουν την έμφραξη υποστρώματος [1]:

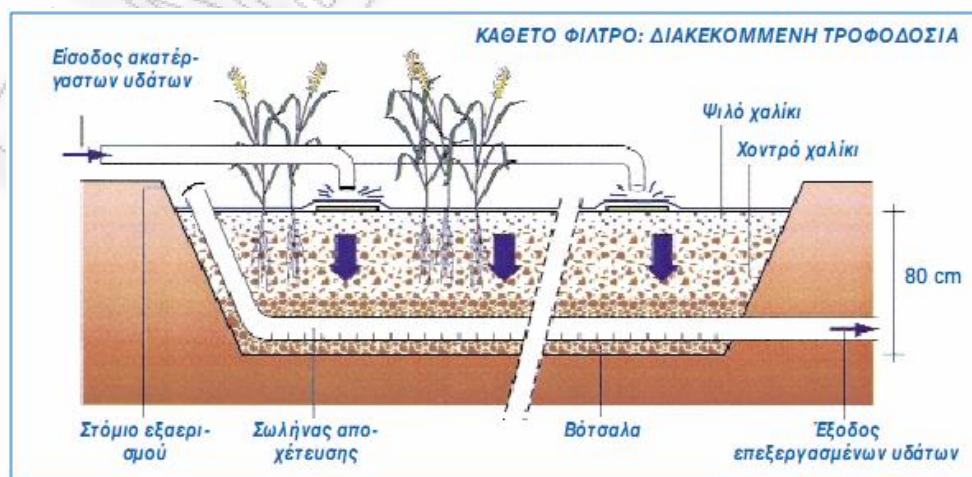
- Υπόστρωμα: Είναι φανερό ότι η κατανομή του μεγέθους των κόκκων έχει καθοριστική επίδραση στην κατανομή μεγέθους των πόρων, στον υδραυλικά ενεργό όγκο πόρων και συνεπώς στη διεργασία έμφραξης.
- Φορτίο ΑΣ: Η φόρτιση ΑΣ έχει αναφερθεί ως ένας από τους κυριότερους παράγοντες που επηρεάζουν.
- Οργανικό φορτίο: Το οργανικό υλικό οδηγεί σε παραγωγή ιλύος (περίσσεια ιλύος μικροοργανισμών) που θα συσσωρευτούν εντός του άνω στρώματος του τεχνητού υγροβιότοπου.
- Στρατηγικές τροφοδοσίας: Φαίνεται να υπάρχει σημαντική επίδραση του αριθμού τροφοδοσιών ανά ημέρα και της ποσότητας μιας απλής τροφοδοσίας στην ικανότητα φίλτρανσης του υποστρώματος.

## 6.5. Σενάριο δημιουργίας τεχνητών υγρότοπων

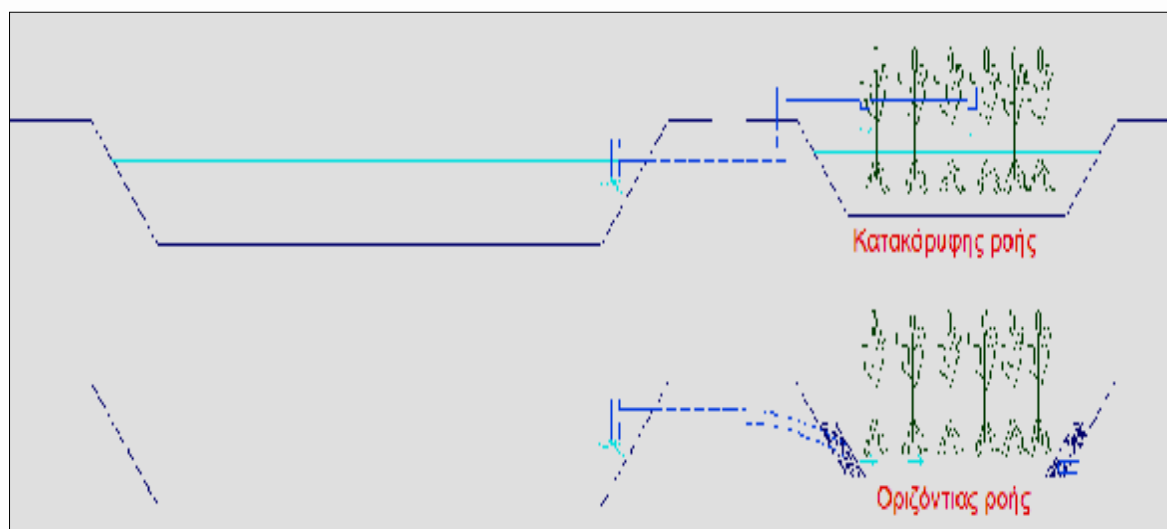
### 6.5.1. Πρόταση

Τα συστήματα καθαρισμού με τεχνητούς υγρότοπους, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, αναπαράγουν τις διαδικασίες καθαρισμού των οικοσυστημάτων [7]. Η μεγάλη ανομοιογένεια και η ποικιλία των φυτών, των εδαφών και των τύπων ροής των υδάτων οδηγούν σε μία μεγάλη ποικιλία πιθανών μεθόδων, όπως συστήματα ροής κάτω από την επιφάνεια του εδάφους (φίλτρα φυτεμένα σε οριζόντια ή κάθετη ροή) και συστήματα ροής με νερό ελεύθερης επιφανείας (φυσικές λίμνες σταθεροποίησης).

Στην περίπτωση του Περιβαλλοντικού Πάρκου, θα ακολουθήσουμε το σενάριο δημιουργίας ενός μοντέλου που θα αποτελείται από μία λίμνη σταθεροποίησης (διαδικασία καθαρισμού με «ελεύθερες καλλιέργειες») και δύο λίμνες - δεξαμενές με φίλτρα φυτεμένα σε οριζόντια ροή. Η φυσική επεξεργασία των λυμάτων με χρήση λιμνών σταθεροποίησης και τεχνητών υγρότοπων είναι αντίστοιχη ή και καλύτερη του δευτέρου σταδίου μίας συμβατικής (χημικής) εγκατάστασης επεξεργασίας. Θα αποφύγουμε να χρησιμοποιήσουμε δεξαμενή με φίλτρα κατακόρυφης ροής (Εικ.6.1), διότι σε αυτήν την περίπτωση θα έπρεπε να διοχετεύσουμε μεγάλη ποσότητα υδάτων από ψηλά σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα (1' -5' ), γεγονός που θα μας εξανάγκαζε στην κατασκευή κατάλληλης διάταξης αντλιοστασίου. Εφαρμόζοντας λοιπόν, δεξαμενές οριζόντιας ροής, δεν υπάρχει ανάγκη αντλιοστασίου, εφόσον τα ύδατα θα μεταφέρονται κατευθείαν μέσω αγωγού απ' τη λίμνη σταθεροποίησης σε αυτές, σε ένα σχεδόν οριζόντιο ανάγλυφο(Εικ.6.2).



Εικ.6.1: Εγκάρσια τομή φυτεμένου φίλτρου σε κάθετη ροή [12]



Εικ.6.2: Σκαρίφημα σύνδεσης λίμνης σταθεροποίησης με δεξαμενή κατακόρυφης και οριζόντιας ροής

## 6.5.2. Μοντέλο λιμνών

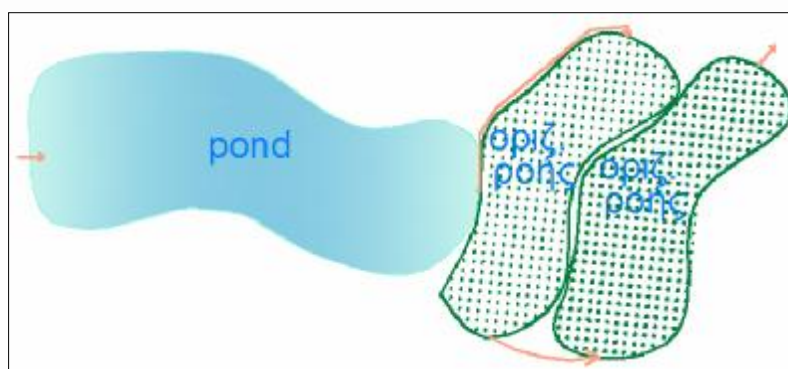
Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο, το μοντέλο τεχνητών υγρότοπων που προτείνεται να εφαρμοσθεί στο Περιβαλλοντικό Πάρκο, θα αποτελείται από μια φυσική λίμνη σταθεροποίησης (ronde) και δύο δεξαμενές με φυτεμένα φίλτρα σε οριζόντια ροή. Κάθε λίμνη θα είναι επενδεδυμένη με γεωμεμβράνη για την προστασία του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

Η τοπογραφία της περιοχής ευνοεί την κατασκευή των λιμνών, διότι θα δημιουργείται ροή με βαρύτητα μέχρι τον αποδέκτη, καθώς επίσης η μηδενική σχεδόν κλίση δεν απαιτεί μεγάλο βαθμό χωματουργικών εργασιών. (Εικ.6.9)





Εικ.6.3: Οριζοντιογραφία περιοχής μελέτης



Εικ.6.4: μοντέλο τεχνητών υγρότοπων

Στην παραπάνω εικόνα(Εικ.6.4) παρουσιάζεται η κατεύθυνση της ροής των υδάτων(τα νερά από την τάφρο θα εισέρχονται πρώτα στη λίμνη σταθεροποίησης, από αυτή θα οδηγούνται στον πρώτο τεχνητό υγρότοπο και από αυτόν στον δεύτερο με τελικό αποδέκτη τα υγρά λιβάδια και στη συνέχεια τη λίμνη Παμβώτιδα) και η διαμόρφωση των λιμνών όπως προκύπτει από την μορφολογία της περιοχής. Βασική παράμετρος στον σχεδιασμό ενός έργου επεξεργασίας λυμάτων με λίμνες σταθεροποίησης είναι ο υδραυλικός μέσος χρόνος παραμονής των λυμάτων στο σύστημα. Συνεπώς η διαστασιολόγηση των λιμνών έγινε με κριτήριο το χρονικό διάστημα που θα παραμένουν τα ύδατα μέσα στη λίμνη και σύμφωνα με την παροχή που έχουμε από τις τάφρους που περικλείουν τις εκτάσεις(ανατολικά και δυτικά) και από τις οποίες θα εισέρχεται το νερό στους τεχνητούς υγρότοπους. Στόχος μας είναι ο χρόνος παραμονής να είναι τουλάχιστον  $t=5$ μέρες.



Εικ. 6.5: Τάφρος ανατολικής πλευράς[35]

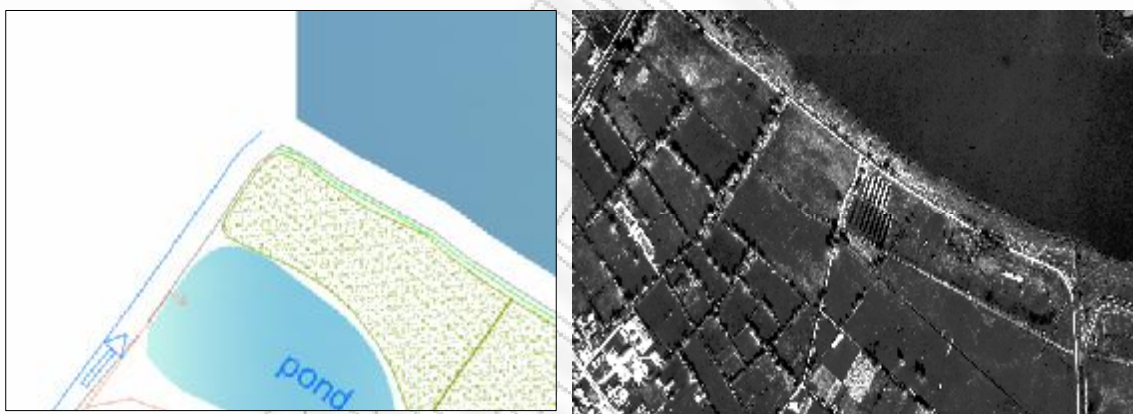
Η διαδικασία που ακολουθούμε περιγράφεται στη συνέχεια :

Η εκτιμώμενη παροχή υδάτων από την δυτική τάφρο(Εικ.6.6) είναι  $Q=0,2\text{m}^3/\text{sec} = 17.200\text{m}^3/\text{day}$  και θα τροφοδοτεί δύο λίμνες σταθεροποίησης (ponds). Οι τιμές των παροχών έχουν προκύψει από προσωπική επαφή με επιστήμονες, οι οποίοι γνωρίζουν την κατάσταση της Λίμνης Παμβώτιδας. Οι συγκεκριμένες τάφροι δέχονται τα νερά των γύρω εκτάσεων, επιβαρυμένα από γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες, και έχουν φυσική κατάληξη στη λίμνη.

$$\text{Ισχύει: } t = \frac{\Sigma V}{Q} \Rightarrow 5\text{days} = \frac{\Sigma V}{17200\text{m}^3/\text{d}}$$

Συνεπώς ο συνολικός όγκος των λιμνών θα πρέπει να είναι  $\Sigma V = 86.000\text{m}^3$

Αντίστοιχα η εκτιμώμενη παροχή υδάτων από την ανατολική τάφρο(Εικ.6.5) είναι  $Q=0,5\text{m}^3/\text{sec} = 43.000\text{m}^3/\text{day}$  και θα τροφοδοτεί επίσης δύο λίμνες σταθεροποίησης.



Εικ. 6.6: Τροφοδότηση από ανατολική τάφρο.

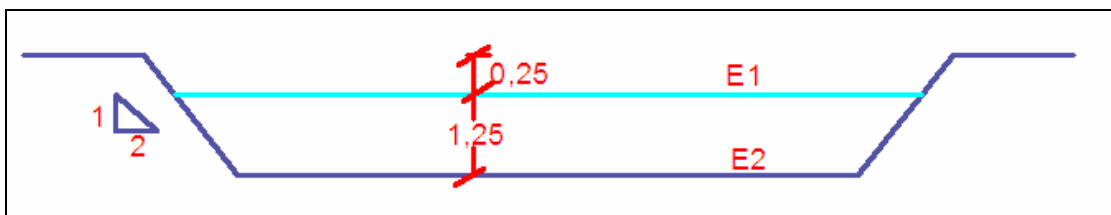
Στη συνέχεια για να υπολογίσουμε τον όγκο κάθε λίμνης χρησιμοποιούμε τον τύπο :

$$V = \frac{E_1 + E_2}{2} \times u \text{ (m}^3\text{)}$$

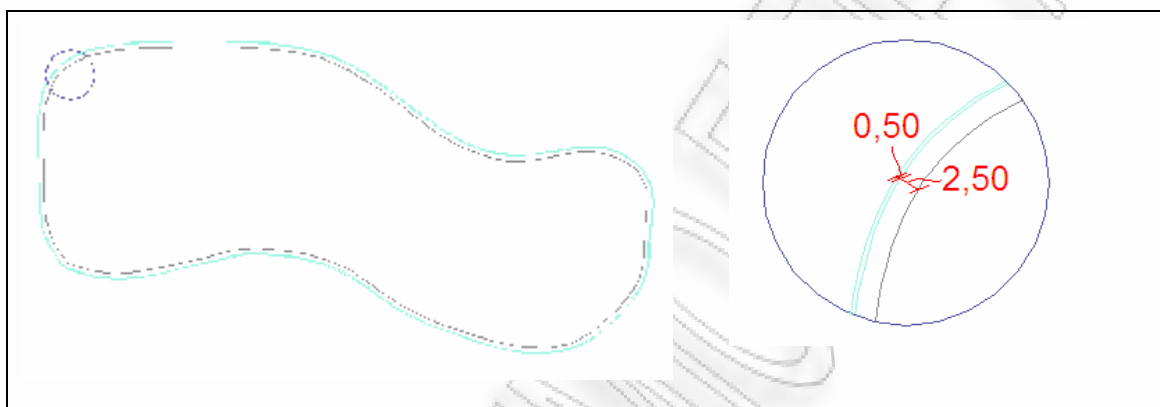
$E_1$  : εμβαδόν επιφάνειας στάθμης νερού (Εικ.6.7)

$E_2$  : εμβαδόν επιφάνειας πυθμένα

$u$ : καθαρό ύψος νερού, που θα ληφθεί 1,25 m



Εικ.6.7: Σχηματική τομή λίμνης σταθεροποίησης



Εικ.6.8: Οριζοντιογραφία λίμνης σταθεροποίησης

Η εμβαδομέτρηση των επιφανειών έχει πραγματοποιηθεί ηλεκτρονικά μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD (Παράρτημα).

Η κλίση των αναχωμάτων λαμβάνεται 1:2.

Οι υπολογισμοί παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Υπολογισμοί	
Ανατολική τάφρος(Q=0,2m <sup>3</sup> /sec)	Δυτική τάφρος(Q=0,5m <sup>3</sup> /sec)
$V = \frac{E_1 + E_2}{2} \times u = \frac{35.302 + 33.210}{2} \times 1,25$	$V = \frac{E_1 + E_2}{2} \times u = \frac{91.223 + 87.726}{2} \times 1,25$
$V = 42.820\text{m}^3 \approx 43.000\text{m}^3$	$V = 111.843\text{m}^3 \approx 112.000\text{m}^3$
$\frac{\Sigma V}{Q} = \frac{43.000\text{m}^3 \times 2}{17.200\text{m}^3/\text{d}} = 5 \text{ days}$	$\frac{\Sigma V}{Q} = \frac{112.000\text{m}^3 \times 2}{43.000\text{m}^3/\text{d}} = 5,2 \text{ days}$

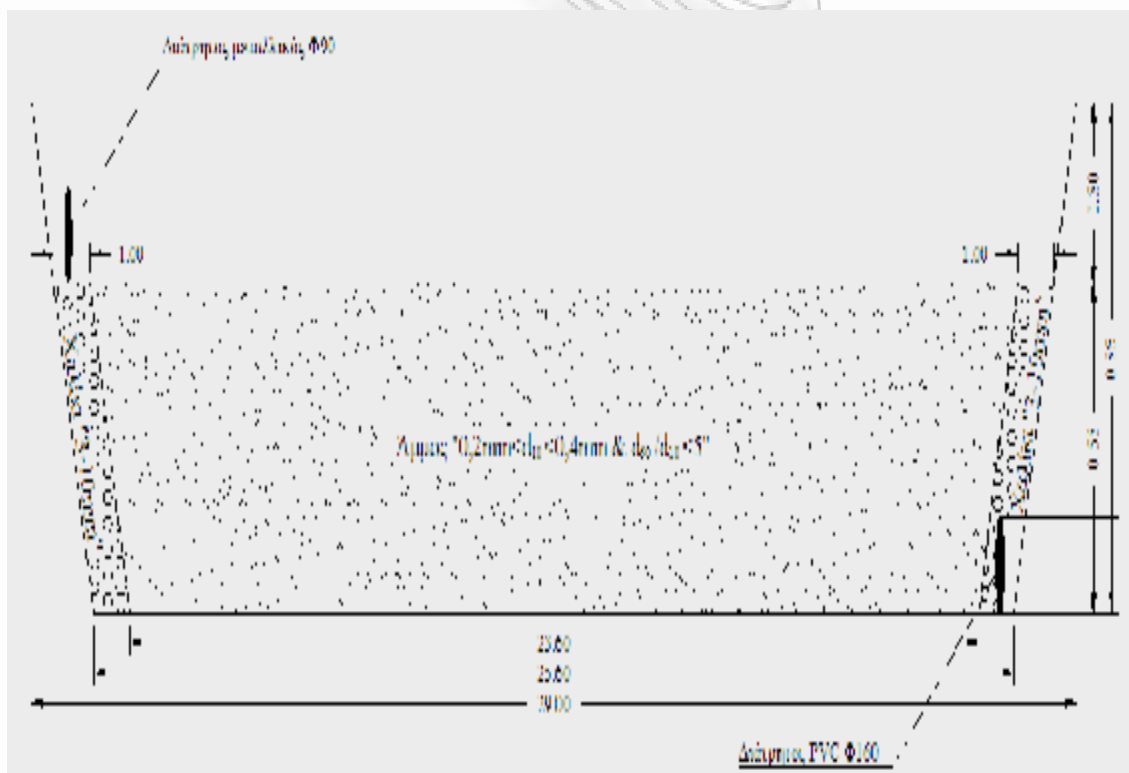
Συνεπώς θα δημιουργηθούν δύο λίμνες με επιφάνεια  $E_1 = 35.302 \text{ m}^2$  (κατ'εκτίμηση) η καθεμία και δύο λίμνες με επιφάνεια  $E_1 = 91.223 \text{ m}^2$  αντίστοιχα η καθεμία. Οι διαστάσεις τους θα τηρούν την αναλογία 1:3. Επομένως οι δύο λίμνες με  $E_1 = 35.302 \text{ m}^2$  θα έχουν διαστάσεις  $110\text{m} \times 330\text{m}$ , ενώ οι δύο λίμνες με  $E_1 = 91.223 \text{ m}^2$  θα έχουν

διαστάσεις 170m × 510m κατά προσέγγιση.(Εικ.6.9)

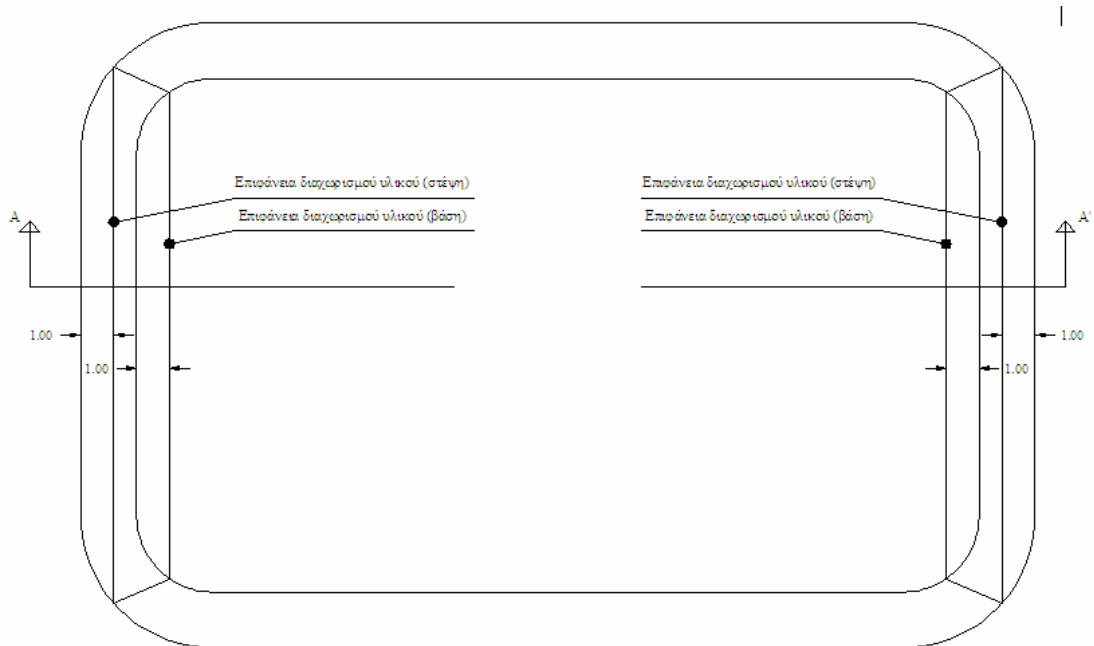


Εικ.6.9: Λίμνες με διαστάσεις 110\*330m(αριστερά) και 170\*510m(δεξιά)

Όσον αφορά τους τεχνητούς υγρότοπους οριζόντιας ροής, θα σχεδιαστούν τηρώντας την ίδια αναλογία 1:3 και καθαρό ύψος υλικού  $h=0,55m$ .(Εικ.6.10,Εικ.6.11)



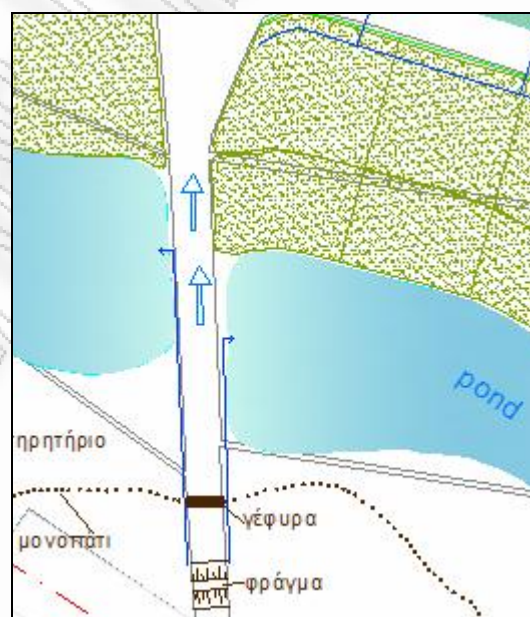
Εικ. 6.10: Τομή AA' κλίσης οριζόντιας ροής[6]



Εικ. 6.11: Οριζοντιογραφία κλίνης οριζόντιας ροής[6]

Θα χρησιμοποιηθεί χαλίκι κοκκομετρίας 3-10mm και άμμος με χαρακτηριστικά  $0,2\text{mm} < d_{10} < 0,4\text{mm}$   $d_{50}/d_{10} < 5$ . Τα φυτά που προτείνονται είναι η ποικιλία *Phragmites Australis* και η φύτευση θα γίνει με μία πυκνότητα της τάξης των 4 ανά  $\text{m}^2$ .

Όσον αφορά την υδροληψία από τις τάφρους πρέπει να σημειωθεί ότι θα γίνεται από «ψηλά» και προτείνεται να κατασκευασθεί διάταξη υπερχείλισης των υψηλών παροχών και συγκεκριμένα μικρής έκτασης χωμάτινο φράγμα (Εικ.6.12).



Εικ.6.12: Διάταξη υπερχείλισης

Η ίδια ποικιλία θα φυτευθεί επίσης κατά μήκος της έκτασης του Πάρκου, στο βόρειο τμήμα του όπου βρίσκονται τα όριά του και στη συνέχεια συναντούμε τον ποδηλατόδρομο που έχει κατασκευασθεί και διακόπτει τη φυσική κατάληξη των εκτάσεων στη λίμνη (Εικ.6.13). Τα *Phragmites Australis* θα αποτελούν μια λωρίδα πλάτους περίπου 3- 4m με σκοπό την οπτική απομόνωση του Πάρκου.



Εικ.6.13: Ποδηλατόδρομος παράλληλα στη λίμνη Παμβώτιδα[35]

Όσον αφορά τη μεταφορά των υδάτων, εφόσον χαρακτηρίζονται ακάθαρτα, θα χρησιμοποιηθούν αγωγοί αποχέτευσης από σωλήνες PVC της σειράς 41, με διάμετρο  $D_{εσ}=200\text{mm}$  και θα γίνει εγκιβωτισμός των σωλήνων με άμμο. Εξαιτίας του μεγάλου μήκους των σωλήνων σε αρκετά σημεία, θα κατασκευασθούν σε κατάλληλες θέσεις φρεάτια.

### 6.5.3. Σχολιασμός διαμόρφωσης υπόλοιπου τμήματος Πάρκου

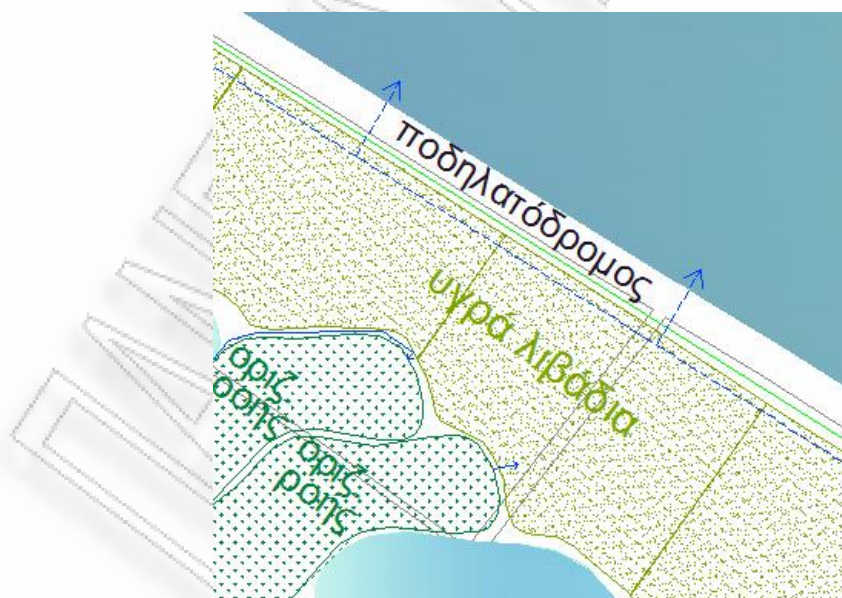
Πέρα από τους τεχνητούς υγρότοπους θα δημιουργηθούν μέσα στις εκτάσεις του Πάρκου και υγρά λιβάδια, καθώς επίσης θα γίνει και κατάλληλη διάπλαση των χερσαίων τμημάτων.

Όσον αφορά τα υγρά λιβάδια θεωρούνται πολύτιμα ενδιαιτήματα για τη διατήρηση της

βιοποικιλότητας, αφού φιλοξενούν πολλά σπάνια είδη φυτών, ενώ αποτελούν κρίσιμο ενδιαίτημα για μεγάλο αριθμό σπάνιων ειδών ασπονδύλων, ψαριών, αμφιβίων και πτηνών.

Ο όρος υγρά λιβάδια χαρακτηρίζει τους εποχιακά κατακλυζόμενους υγρότοπους των οποίων η βλάστηση αποτελείται από υπερυδατικά ποώδη φυτά, χαρακτηριστικό των οποίων είναι ότι η αυξητική τους περίοδος ταυτίζεται με την περίοδο κατάκλυσης. Κατά την περίοδο κατάκλυσης η οποία διαρκεί αρκετούς μήνες ετησίως, η στάθμη του νερού βρίσκεται λίγο επάνω (0-20 εκ.), ή περίπου στην επιφάνεια του εδάφους. Τα υδρολογικά αυτά χαρακτηριστικά απαντώνται κυρίως στις ζώνες πλημμυρών ή στις εκβολές ποταμών, στις παρυφές λιμνών και σε παράκτιους υγρότοπους στη ζώνη μετάβασης από το θαλάσσιο προς το χερσαίο οικοσύστημα. [3]

Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο προτείνεται να δημιουργηθούν μεταξύ των λιμνών και τεχνητών υγρότοπων και της λίμνης Παμβώτιδας(Εικ.6.14). Βεβαίως, η φυσική ροή θα ήταν να καταλήγουν αυτά τα υγρά λιβάδια στη λίμνη χωρίς να διακόπτονται από κάποιο εμπόδιο, αλλά η ύπαρξη του ποδηλατόδρομου που έχει αναφερθεί και παραπάνω, διακόπτει αυτή την φυσική κατάληξη. Το γεγονός αυτό εξαναγκάζει σε τοποθέτηση αγωγών στράγγισης, ώστε τα νερά που έχουν πια υποστεί φυσικό καθαρισμό μέσω των τεχνητών υγρότοπων, αφού περάσουν από τα υγρά λιβάδια να καταλήγουν μέσω των αγωγών στη λίμνη, χωρίς να την επιβαρύνουν.



Εικ.6.14: Διαμόρφωση υγρών λιβαδιών

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ολοκληρωμένη η πρόταση που αναπτύχθηκε παραπάνω, σχεδιασμένη σε Autocad 2005:



Εικ.6.15: Σενάριο δημιουργίας Περιβαλλοντικού Πάρκου



## 7. Συμπεράσματα

Η λίμνη Παμβώτιδα από τους σημαντικότερους και γνωστότερους υδροβιότοπους της περιοχής, μοναδικής ομορφιάς μνημείο της φύσης, άρρηκτα συνδεδεμένη με την ιστορία, τον πολιτισμό και τη ζωή της πόλης των Ιωαννίνων, ανέκαθεν αποτελούσε θέμα ενασχόλησης. Βασικοί λόγοι αυτής της ενασχόλησης ήταν η εξεύρεση λύσεων και η διατύπωση προτάσεων για την προστασία της από την ρύπανση που υφίσταται από εξωτερικούς παράγοντες τα τελευταία χρόνια και η δυνατότητα αποκατάστασης και διατήρηση του φυσικού της περιβάλλοντος.

Μια πρόταση λοιπόν που συμβάλει στην παραπάνω κατεύθυνση, είναι αυτή της Ελληνικής Ορθολογικής Εταιρείας, για την δημιουργία Περιβαλλοντικού Πάρκου Παμβώτιδας.

Η περιοχή που περιλαμβάνεται στην πρόταση διαθέτει λόγω γεινίασης με τη λίμνη, (στο παρελθόν αποτελούσε τμήμα της λίμνης), μορφολογίας, βιοποικιλότητας, κ.λ.π., άριστες προϋποθέσεις για την ανάπτυξη δραστηριοτήτων που θα συσχετίζονται με την φύση, την προστασία και τη διαχείριση των ενδιαιτημάτων της περιοχής.

Το πάρκο, πρέπει να είναι υγρότοπος γενικότερου οικολογικού – πολιτισμικού ενδιαφέροντος. Στα πλαίσια της φέρουσας ικανότητας του χώρου, η περιβαλλοντική εκπαίδευση, η παρατήρηση της φύσης, η εκτέλεση ήπιων δραστηριοτήτων αναψυχής σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους, η δημιουργία περιπατητικών περιβαλλοντικών διαδρομών, η ελεγχόμενη βόσκηση, κ.λ.π., είναι δραστηριότητες που θα μπορούσαν να αναπτυχθούν και να συνυπάρχουν παράλληλα και αρμονικά.

Στόχος θα είναι η συνύπαρξη της φύσης και του ανθρώπου σε ένα καθεστώς απόλυτης προστασίας και σεβασμού του περιβάλλοντος και των ενδιαιτημάτων της περιοχής, αλλά και η βιώσιμη διαχείριση του υγρότοπου προς όφελος της οικονομίας και της ποιότητας ζωής των κατοίκων.

Το πάρκο που προτείνεται θα αναπτυχθεί σε περιοχή δημοτικών εκτάσεων και σε αγροτική γη που ανήκει στο ΕΘΙΑΓΕ, θα παρεμβάλλεται μεταξύ της κοινότητας Κατσικάς και της λίμνης και πέραν των άλλων θα αποτελέσει φυσικό φραγμό για την ανάσχεση και τον περιορισμό των έντονων οικιστικών πιέσεων που δέχεται η περιοχή και θα είναι και το σημαντικότερο όφελος για την λίμνη.

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία το σενάριο που έγινε σχετικά με την δημιουργία του Περιβαλλοντικού Πάρκου, αφορούσε στην εφαρμογή φυσικών συστημάτων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων με στόχο την ανάπλαση του

συγκεκριμένου τμήματος της παρόχθιας ζώνης της λίμνης Παμβώτιδας.

Επιλέχθηκαν λοιπόν, δεξαμενές σταθεροποίησης, οι οποίες αποτελούν ένα αξιόπιστο φυσικό σύστημα επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων. Το βασικό πλεονέκτημα τους είναι η απλότητα, το χαμηλό κόστος κατασκευής καθώς και οι μηδενικές ανάγκες σε τεχνητή προσθήκη ενέργειας. Ένα τέτοιο σύστημα εφόσον διαστασιολογηθεί και κατασκευασθεί σωστά λειτουργεί χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις σε εξειδικευμένο προσωπικό και συντήρηση πολύπλοκων μηχανικών διατάξεων. Το κυριότερο μειονέκτημα τους είναι η σχετικά μεγάλη έκταση που απαιτούν για την ικανοποιητική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Στην περίπτωση μας όμως η μεγάλη έκταση υπάρχει, αφού η θεωρητική επιφάνεια δημιουργίας του πάρκου ανέρχεται περίπου στα 1500στρ.

Οι παραπάνω δεξαμενές, σύμφωνα με το σενάριο, συνδυάζονται με τεχνητούς υγρότοπους οριζόντιας υποεπιφανειακής ροής και συγκεκριμένα από κλίνες φυτεμένες με καλάμια *Phragmites australis*. Οι συγκεκριμένοι υγρότοποι επιλέγονται λόγω τοπογραφίας και αυτό σημαίνει αυτομάτως χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Τα οριζόντια φίλτρα ανέχονται άνετα μεγάλες περιόδους παγωνιάς. Πολλοί παράγοντες επιτρέπουν τη θερμική μόνωση των υδάτων από τις εξωτερικές θερμοκρασίες, όπως το χιόνι, τα κρατημένα στην επιφάνεια θερισμένα βούρλα και για κρίσιμες περιόδους παγωνιάς, το στρώμα του αέρα που παραμένει κάτω από το στρώμα του πάγου στην επιφάνεια του φίλτρου. Τα παραπάνω στοιχεία είναι άκρως ενδιαφέροντα και χρήσιμα, αφού οι χαμηλές θερμοκρασίες αποτελούν σύνηθες φαινόμενο στην περιοχή των Ιωαννίνων τους χειμερινούς μήνες.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η επιλογή των παραπάνω τεχνικών δεν επιφέρει ηχορύπανση, καθώς επίσης οδηγεί σε καλή περιβαλλοντική ενσωμάτωση, γεγονός που μπορεί να γίνει εύκολα αποδεκτό. Επιπλέον οι υγροβιότοποι (λίμνες,καλαμιές) που δημιουργούνται με αυτές τις τεχνικές προσελκύουν μια ενδιαφέρουσα υδρόβια πανίδα, που επιτρέπει παράλληλα ενέργειες παιδαγωγικές στα πλαίσια της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, αλλά και των κατοίκων της περιοχής.

Τέλος όσον αφορά την κοστολόγηση αυτού του σεναρίου έγινε μια προσπάθεια προσέγγισης μέσω προμετρήσεων των κυριότερων εργασιών και προέκυψε ένας προϋπολογισμός βάσει τιμών μονάδος υδραυλικών έργων που δίνονται από το ΥΠΕΧΩΔΕ (Φεβρ.'09). Το έργο λοιπόν κοστολογείται περίπου στα 7 εκατ. ευρώ. Φυσικά η τιμή αυτή αφορά το συγκεκριμένο σενάριο που ακολουθήθηκε για τον σχεδιασμό του Πάρκου, γεγονός που δεν αποκλείει διαφορετική τιμή και μικρότερη σε περίπτωση εναλλακτικής λύσης.

Το χρηματικό αυτό ποσό όμως δεν είναι απαγορευτικό όσον αφορά το πραγματοποιήσιμο του Περιβαλλοντικού Πάρκου και δη την εφαρμογή φυσικών συστημάτων επεξεργασίας υγρών λυμάτων, κάτι που θα συντελέσει και στη μείωση του ρυπαντικού φορτίου που εισρέει στη λίμνη Παμβώτιδα. Το αποτέλεσμα θα είναι η οικολογική αποκατάσταση του λιμναίου οικοσυστήματος της Παμβώτιδας με μακροχρόνια οικονομικά οφέλη και αποκατάσταση των σημερινών υποβαθμισμένων βιοτόπων. Εν τέλει η συγκεκριμένη ανάπτυξη της περιοχής θα συνδυάσει επιτυχώς την προστασία του περιβάλλοντος και την οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Επιπλέον μια τέτοια πρόταση σέβεται και εναρμονίζεται πλήρως με την Ευρωπαϊκή και Ελληνική Νομοθεσία αναφορικά με την προστασία του βιολογικού πλούτου και του περιβάλλοντος της Ευρώπης (Οδηγίες 92/43 και 79/409) και γενικότερα (Νόμος 2971/2001/ Α-285).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Αγγελάκης Α.Ν., Tchobanoglous G., (1995) Υγρό Απόβλητα: Φυσικά Συστήματα Επεξεργασίας και Ανάκτηση, Επαναχρησιμοποίηση και Διάθεση Εκροών, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- 2) Αναθεώρηση Περιφερειακού Σχεδιασμού Στερεών Αποβλήτων Περ. Ηπείρου, 2004
- 3) Δημαλέξης Τ., Επιστ.Διευθυντής ΕΟΕ, «Μεσογειακοί υγρότοποι και λιμνοδεξαμενες – Επίδειξη πολυλειτουργικής διαχείρισης στο νησί της Κρήτης LIFE00ENV/GR/000685, Γενικές κατευθύνσεις διαχείρισης υδατοσυλλογών για την επίτευξη πολλαπλών λειτουργιών με έμφαση στην υποστήριξη της βιοποικιλότητας. »
- 4) Δημαλέξης Τ. & ομάδα μελέτης, 2008, Πρότασης δημιουργίας Ορνιθολογικού – Περιβαλλοντικού Πάρκου Παμβώτιδας, Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία
- 5) Ζουραράκη Ε., 2002, «Σχεδιασμός και Λειτουργία Τεχνητών Υγροβιοτόπων Επεξεργασίας Λυμάτων», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Εκδόσεις Δημοκriteίου Πανεπιστημίου Θράκης.
- 6) Ινστιτούτο Γεωργικών Μηχανών & Κατασκευών, 2009, Εγκατάσταση φυσικής επεξεργασίας λυμάτων του Δ.Δ.Δάφνης του Δήμου Ασίκης της νήσου Λήμνου
- 7) Καραμούζης Δ., 2006, Μικρά αποκεντρωμένα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων, Αναπτυξιακό Συνέδριο Νομού Δράμας
- 8) Κατή Β., 2007, Προσχέδιο πρότασης δημιουργίας Ορνιθολογικού – Περιβαλλοντικού Πάρκου Παμβώτιδας, Πίνδος Περιβαλλοντική
- 9) Λουκάτος Α., Λαγουδάκη Α. και ΕΠΕΜ. Α.Ε., 2001. ΕΠΜ, Μελέτη Ανάδειξης-Ανάπλασης και Προστασίας της Λίμνης Παμβώτιδας Ιωαννίνων και των περιμετρικών αυτής περιοχών. Περιφέρεια Ηπείρου, Δ/ση Περιβάλλοντος & Χωροταξίας.
- 10) Μελέτη Διαχείρισης Απορριμμάτων Ν.Ιωαννίνων, ΕΠΕΜ ΕΠΕ, 1997)
- 11) Ντεντιδάκης Μ., 2000, «Επεξεργασία Λυμάτων σε Τεχνητούς Υγροβιότοπους», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Εκδόσεις Δημοκriteίου Πανεπιστημίου Θράκης.
- 12) Οδηγός εκτατικών διαδικασιών καθαρισμού ακάθαρτων υδάτων (προσαρμοσμένων στις μικρές και μεσαίου μεγέθους κοινότητες, 500-5.000 ισοδύναμων κατοίκων), Εφαρμογή της Κοινοτικής Οδηγίας 91/271 της 21 Μαΐου 1991 σχετικά με την επεξεργασία των αστικών υγρών αποβλήτων
- 13) Πρόγραμμα LIFE-ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, 2001, Καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης

και αποτύπωση της εξέλιξης του περιβάλλοντος της Λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά - Ν.Α Ιωαννίνων

14) PRISMA Ε.Π.Ε. (1999), Μελέτη Χωροταξικού Σχεδίου Περιφέρειας Ηπείρου, Β' φάση.

15) Σμυρνιώτης, Κόντρα, Νικολάου και Λάγκαρης, 1997. Προκαταρκτική έκθεση υδρογεωλογικής μελέτης του καρστικού συστήματος του Μίτσικελίου και της λεκάνης των Ιωαννίνων. ΙΓΜΕ, Παράρτημα Ηπείρου, Δ. Στερεάς Ελλάδα και Ιονίων νήσων.

16) Σχέδιο Διαχείρισης Αειφορικής Ανάπτυξης και Προστασίας Περιβάλλοντος Γεωργικών και Κτηνοτροφικών Ζωνών της Ευρύτερης Περιοχής της Λίμνης Παμβώτιδας, Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, 2006

17) Τσιχριντζής Β., 2000, «Οικολογική Μηχανική και Τεχνολογία, Τόμος Ι (Διαχείριση Απορροής, Ρύπων και Φερτών) και Τόμος ΙΙ (Φυσικές Μέθοδοι Επεξεργασίας Αποβλήτων - Πρόληψη Ρύπανσης)», Εκδόσεις Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης.

18) Χωροταξική - Τομεακή και Αναπτυξιακή Μελέτη Γεωργοκτηνοτροφικών Δραστηριοτήτων Νομού Ιωαννίνων», 1996

#### ΔΙΕΘΝΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

19) Bachand AMP, Horne JA, 2000, "Denitrification in constructed free-water surface wetlands: II. Effects of vegetation and temperature.", Ecological Engineering, Vol. 14, pp.17-32.

20) Bendoricchio G, Cin LD, Persson J, 2000, "Guidelines for Free Water Surface Wetland Design.", EcoSys Bd., Vol. 8, pp. 51-91.

21) Craggs R., 2005, Nutrients, in Pond Treatment Technology edited by Andy Shilton, IWA Publishing, p.77-99

22) EPA (1988), Design Manuel. Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment, EPA/625/1-88/022.

23) Hammer DA, 1989, "Constructed Wetlands for Treatment of Agricultural Waste and Urban Stormwater ", MI: Lewis Publishers, Chelsea, UK.

24) Kadlec R. and Knight R., Treatment Wetlands, CRC Press, USA, Boca Raton, Fl., (1996).

25) Koussouris, Diapoulis, Photis 1989, Evaluating the trophic status on a shallow

polluted lake. Lake Ioannina, In. 5th Intern. Symp. on Envir. Pollution - October 1989  
p. 60 (<http://www.perivallon.com/publications.html>)

26) Metcalf & Eddy Inc., (1991) Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse, Third Edition, McGraw-Hill (Revised by Tchobanoglous G., Burton F.L.).

27) Reed S.C., Crites R.W., Middlebrooks, (1995) Natural Systems for Waste Management and Treatment, 2nd Edition, McGraw-Hill.

28) Reed, S.C., Middlebrooks, E.J. and Crites, R.W. (1988) "Wetland systems. Natural systems for waste management and treatment", McGraw-Hill, N. York, pp. 164-202.

29) Vymazal, J. et al (1998), Constructed wetlands for wastewater treatment in Europe, Backhuys Publisher, Leiden.

## ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

30) [www.a-angelakis.gr/.../Environmental%20Technology\\_Angelakis.pdf](http://www.a-angelakis.gr/.../Environmental%20Technology_Angelakis.pdf) –

31) [www.drama.gr/anaptyxiako/eisigiseis/1\\_06\\_Karamouzis.pdf](http://www.drama.gr/anaptyxiako/eisigiseis/1_06_Karamouzis.pdf) -

32) [www.epa.gov/owow/wetlands/pdf/Design\\_Manual2000.pdf](http://www.epa.gov/owow/wetlands/pdf/Design_Manual2000.pdf)

33) [www.epa.gov/owow/wetlands/pdf/ConstructedW.pdf](http://www.epa.gov/owow/wetlands/pdf/ConstructedW.pdf) -

34) [www.epa.gov/OWOW/wetlands/pdf/sub.pdf](http://www.epa.gov/OWOW/wetlands/pdf/sub.pdf) -

35) [www.googleearth.com](http://www.googleearth.com).

36) [www.hydril.com/downloads/WetlandsDesign\\_Hydril.pdf](http://www.hydril.com/downloads/WetlandsDesign_Hydril.pdf) -

37) [www.mass.gov/dcr/waterSupply/lakepond/.../Phragmites.pdf](http://www.mass.gov/dcr/waterSupply/lakepond/.../Phragmites.pdf) -

38) [www.melbournewater.com.au/.../Melbourne\\_Water\\_Wetland\\_Design\\_Guide.pdf](http://www.melbournewater.com.au/.../Melbourne_Water_Wetland_Design_Guide.pdf) -

39) [www.scribd.com/doc/3276105/pamvotis-park-T](http://www.scribd.com/doc/3276105/pamvotis-park-T)

40) [www.scribd.com/doc/7801387/](http://www.scribd.com/doc/7801387/)- (ρυθμιστικό Ιωαννίνων)

41) [www.nhmc.uoc.gr/wetlands/files/GMPReservoir.pdf](http://www.nhmc.uoc.gr/wetlands/files/GMPReservoir.pdf) -

42) [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

43) [www.wikipedia.com/typhalatifolia](http://www.wikipedia.com/typhalatifolia)

44) [www.gardensandplants.com](http://www.gardensandplants.com)

45) [www.neoiagones.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=6620&Itemid=41](http://www.neoiagones.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=6620&Itemid=41)

46) [h2o.enr.state.nc.us/esb/Wetplant/wetplant.pdf](http://h2o.enr.state.nc.us/esb/Wetplant/wetplant.pdf) –

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 - ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΡΓΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ							
Άρθρο	Είδος Εργασίας	Κωδικός αναθεώρησης	Ενιαίο Τιμολόγιο ΥΠΕΧΩΔΕ	Ποσότητα		Τιμή Μονάδος	Δαπάνη
A1	Εκσκαφές τάφρων ή διωρύγων σε εδάφη γαιώδη – ημιβραχώδη, με την φορτοεκφόρτωση των προϊόντων επί αυτοκινήτου και την μεταφορά στον χώρο απόθεσης ή απόρριψης σε οποιαδήποτε απόσταση.	ΥΔΡ 6054	ΥΔΡ 3.01.02	550.106,00	(m <sup>3</sup> )	1,15	632.621,90
A2	Εκσκαφή και επαναπλήρωση χάνδακος σε κάθε είδος εδάφη εκτός από βραχώδη (εκτός κατοικημένων περιοχών).	ΥΔΡ 6053	ΥΔΡ 3.15.01	1.114,00	(m <sup>3</sup> )	1,60	1.782,40
A3	Κατασκευή συμπυκνωμένου επιχώματος από υλικά που έχουν προσκομισθεί επί τόπου	ΥΔΡ 6079	ΥΔΡ 5.01	1.830,00	(m <sup>3</sup> )	0,55	1.006,50
A4	Διάστρωση και εγκιβωτισμός σωλήνων με άμμο λατομείου	ΥΔΡ 6069.1	ΥΔΡ 5.07	557,00	(m <sup>3</sup> )	26,45	14.732,65
A5	Φύτευση φυτών	ΠΡΣ 396		210.068,00	(τεμ)	0,50	105.034,00
A6	Προκατασκευασμένα κυκλικά φρεάτια επίσκεψης αγωγών ακαθάρτων εντός κατοικημένων περιοχών, εσωτερικής διαμέτρου 0,80m.	ΥΔΡ 6327	ΥΔΡ 16.14.01	20,00	(τεμ)	350,00	7.000,00

A7	Για σωλήνες PVC/41, Dεσ= 200 mm	ΥΔΡ 6711.2	ΥΔΡ 12.12.04	2.320,00	(m)	11,40	26.448,00
A8	Προμήθεια, τοποθέτηση και συγκόλληση μεμβρανών πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας (HDPE), πάχους 1,00 mm.	ΥΔΡ 6361	ΥΔΡ 14.04.01	25.936,00	(m <sup>2</sup> )	3,60	93.369,60
A9	Άμμος πλήρωσης κλινών επεξεργασίας "0,2<d10<0,4mm και d60/d10<5".	ΥΔΡ 7011		113.748,00	(m <sup>3</sup> )	30,00	3.412.440,00

**Σύνολο Έργων :** **4.294.435,05**

**ΓΕ & ΟΕ 18% :** **772.998,31**

**Μερικό Άθροισμα 1 :** **5.067.433,36**

**Απρόβλεπτα 15% :** **760.115,00**

**Μερικό Άθροισμα 2 :** **5.827.548,36**

**Ποσό προς στρογγυλοποίηση :** **54.804,58**

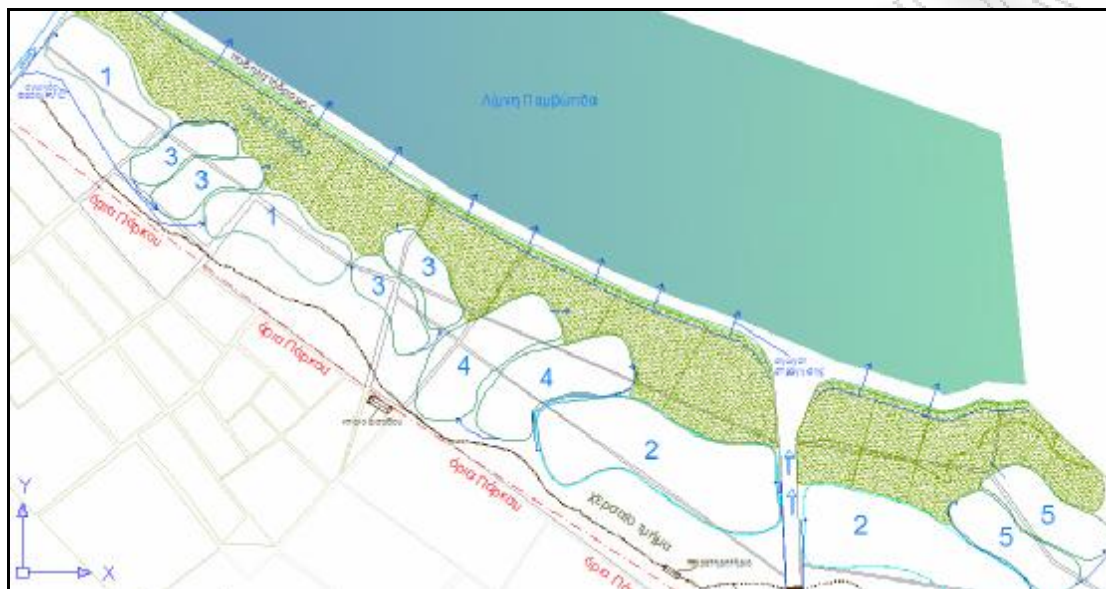
**Μερικό Άθροισμα 3 :** **5.882.352,94**

**ΦΠΑ 19% :** **1.117.647,06**

**Τελικό Σύνολο :** **7.000.000,00**



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 – ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ



	Επιφάν.Ε <sub>1</sub> στάθμης νερού (m <sup>2</sup> )	Επιφάν.Ε <sub>1</sub> άνω σταθ. (m <sup>2</sup> )	Επιφάν. Ε <sub>2</sub> πυθμένα (m <sup>2</sup> )	Ολικό ύψος (m)	ύψος (m) νερού	
Pond1 (2)		35.725	33.210	1,5		$V = \frac{E_1 + E_2}{2} \times u$
Οριζ.ρ.3 (4)	17612	17976	16952	0,85	0,55	
Pond2 (2)		91.928	87.726	1,5		
Οριζ.ρ.4 (2)	41588	42082	40495	0,85	0,55	
Οριζ.ρ.5 (2)	28222	28684	27382	0,85	0,55	
<b>Είδος εργασίας</b>						
Εκσκαφές γαιώδεις 3.01.02	1) (35.725+33.210)*1,5/2=		51.701	*2 = 103.402 m <sup>3</sup>		
	2) (91.928+87.726)*1,5/2=		134.741	*2 = 269.482 m <sup>3</sup>		
	3) (17976+16952)*0,85/2=		14.844	*4 = 59.376 m <sup>3</sup>		
	4) (42082+40495)* 0,85/2=		35095	*2 = 70190 m <sup>3</sup>		
	5) (28684+27382) * 0,85/2=		23828	*2 = 47656 m <sup>3</sup>		
	<b>σύνολο</b>			<b>550.106 m<sup>3</sup></b>		

Μήκος αγωγών 12.12.04	170+180+70+10+500+10+ +60+10+350+90+10+250+150 +350+100+10	<b>2.320 m</b>
Όγκος εκσκαφών για την τοποθέτηση αγωγών 3.15.01	2.320 * 0,60*0,80 =	<b>1.114 m<sup>3</sup></b>
Όγκος άμμου- εγκιβωτισμός σωλήνων 5.07	2.320 * 0,60*0,40 =	<b>557 m<sup>3</sup></b>
Γεωμεμβράνη 14.04.01		<b>25.936 m<sup>2</sup></b>
Όγκος υλικού πλήρωσης(άμμος) ΥΔΡ 7011	(3): (16952+17612)*0,55/2=	9505 *4 = 38020 m <sup>3</sup>
	(4): (40495+41588) *0,55/2=	22573 *2= 45146 m <sup>3</sup>
	(5): (27382+28222) *0,55/2=	15291 *2= 30582 m <sup>3</sup>
	<b>σύνολο</b>	<b>113.748 m<sup>3</sup></b>
Αριθμός καλαμιών ΠΡΣ 396	(3): 17612 m <sup>2</sup> *4	70448 m <sup>2</sup>
	(4) : 41588 m <sup>2</sup> *2	83176 m <sup>2</sup>
	(5): 28222 m <sup>2</sup> *2	56444 m <sup>2</sup>
	<b>σύνολο</b>	210068 m <sup>2</sup> *4 = <b>840272καλάμ</b>
Φρεάτια	20	

Γεωμεμβράνη	Ανηγμ. περιμ. επιφάνειας(m) Π <sub>1</sub>	Ανηγμ. περιμ. πτυθμένα(m) Π <sub>2</sub>	Κεκλιμ. Ύψος (m)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Σύνολο(m <sup>2</sup> )
Pond1 (2)	845	825	3,35	2797	5594
Οριζ.ρ.3 (4)	615	605	1,9	1159	4636
Pond2 (2)	1410	1390	3,35	4690	9380
Οριζ.ρ.4 (2)	925	915	1,9	1748	3496
Οριζ.ρ.5 (2)	750	740	1,9	1415	2830
					<b>Σύνολο 25936</b>

$$E = \frac{\Pi_1 + \Pi_2}{2} \times u_{\text{κεκλ}}$$

### **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 – ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ**

*ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΕΣ ΕΘΙΑΓΕ (ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΤΣΙΚΑΣ)*





## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4 - ΧΑΡΤΕΣ**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ