



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



ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ
ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΠΟΞΗΡΑΜΕΝΗΣ ΛΑΣΠΗΣ
ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ
ΨΥΤΤΑΛΕΙΑΣ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΑΡΑΝΤΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ

ΧΑΝΙΑ 2008



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



ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΠΟΞΗΡΑΜΕΝΗΣ ΛΑΣΠΗΣ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΨΥΤΤΑΛΕΙΑΣ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΑΡΑΝΤΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ

Επιβλέπων :

Δρ Γ. Σταυρουλάκης
Καθηγητής

Επιτροπή Αξιολόγησης

Παπαφιλιππάκη Ανδρονίκη (MSc)
Εργαστηριακός Συνεργάτης

Καπουρνιώτου Σοφία (MSc)
Εργαστηριακός Συνεργάτης

Ημερομηνία παρουσίασης

Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας 20

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αυξανόμενη ζήτηση διαθέσιμων υδατικών πόρων και η παράλληλη ποιοτική τους υποβάθμιση αποτελούν σήμερα σημαντικά θέματα που απασχολούν την Ελληνική κοινωνία. Η ανάγκη για ορθή διαχείριση των υδατικών πόρων είναι επιτακτική για την προστασία του περιβάλλοντος, την αύξηση της παραγωγικότητας της γεωργίας και την τουριστική ανάπτυξη. Ένα από τα αντικείμενα αιχμής στη διαχείριση των υδατικών πόρων είναι η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για την κάλυψη των συνεχώς αυξανόμενων αναγκών σε νερό. Ωστόσο, η επαναχρησιμοποίηση των εκροών υγρών αποβλήτων εκτός από την υποβάθμιση του περιβάλλοντος μπορεί να προκαλέσει ασθένειες σε ανθρώπους και ζώα. Σήμερα, αρκετά κράτη και οργανισμοί έχουν θεσπίσει ή προετοιμάζονται να θεσπίσουν κανονισμούς, που θα συμβάλουν στην ασφαλή χρήση των εκροών υγρών αποβλήτων για διάφορες χρήσεις. Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται οι σύγχρονες τάσεις και απόψεις που αφορούν τα κριτήρια και τις οδηγίες επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων για άρδευση που αποτελεί και την κυριότερη κατηγορία επαναχρησιμοποίησης τέτοιων νερών. Ακόμη, προτείνεται σχέδιο κριτηρίων για χρήση τέτοιων νερών προσαρμοσμένο στις συνθήκες του Ελληνικού χώρου. Επίσης, παρουσιάζεται το έργο της Ψυττάλειας και το πόσο συμβάλει στην προστασία του περιβάλλοντος.

RESEARCH THE DEVELOPMENT OF THE FINAL EFFLUENT AND THE DRYING SLUDGE OF PSYTALIA IN AGRICULTURE.

ABSTRACT

Water resources shortages in Greece are considered one of the main water issues particularly in regions with high water demand and relatively low water availability. Integrated management of water resources including marginal waters is necessary, for the protection of the environment the increase of the agricultural production and the sustainable touristic development. Wastewater recycling has been practised in Greece, since early 90's, but not in a rational plan. The basic aim of this paper is to present the international trends in legislation and guidelines for water recycling. A plan for Greek guidelines on water recycling and reuse is proposed. It is also presented the function of Psytalia and how it contributes in the protection of the environment.

ΕΝΟΤΗΤΑ 1

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΨΥΤΤΑΛΕΙΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένας από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους αντιμετώπισης της ρύπανσης των υδάτινων πόρων από τα απόβλητα είναι οι Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Αστικών Αποβλήτων (ΕΕΑΑ). Οι ΕΕΑΑ έχουν ως σκοπό τον καθορισμό (διαχωρισμό) των αστικών αποβλήτων από τα βλαβερά συστατικά που περιέχουν, ώστε αυτά να διαθέτουν ακίνδυνα στο περιβάλλον. Ως βλαβερά συστατικά των αποβλήτων θεωρούνται τα ογκώδη αντικείμενα, η άμμος, τα μικρού μεγέθους στερεά που αιωρούνται στη μάζα των αποβλήτων (αιωρούμενα στερεά), τα οργανικά-φυσικά συστατικά (π.χ. υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λίπη), οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και τα θρεπτικά στοιχεία (άζωτο και φώσφορος). Αν τα απόβλητα διοχετευτούν χωρίς επεξεργασία σε έναν υδάτινο αποδέκτη δημιουργούν διάφορα προβλήματα. Τα ογκώδη στερεά, η άμμος και τα αιωρούμενα στερεά προκαλούν περισσότερο αισθητική δυσανεξία παρά ουσιαστική ρύπανση του υδάτινου φορέα. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί είναι υπεύθυνοι για τη μετάδοση ασθενειών στον άνθρωπο και σε άλλους οργανισμούς. Η παρουσία τους διαπιστώνεται από τα αποτελέσματα που επιφέρουν στον άνθρωπο, όπως π.χ. δερματικές και άλλες μολύνσεις. Αυτοί χρησιμοποιούνται συχνά ως το βασικότερο κριτήριο για την καταλληλότητα ή όχι μιας ακτής για κολύμβηση. Τα οργανικά συστατικά, το άζωτο και ο φώσφορος είναι όμως τα περισσότερο υπεύθυνα για τις δυσάρεστες καταστάσεις ρύπανσης. Και αυτό γιατί κάθε υδάτινος φορέας, αλλά και τα ίδια τα απόβλητα, περιέχουν μικροοργανισμούς που καταναλώνουν τα οργανικά συστατικά των αποβλήτων, καθώς και το άζωτο και το φώσφορο, για να τραφούν και να πολλαπλασιαστούν καταναλώνοντας παράλληλα το οξυγόνο που βρίσκεται διαλυμένο στο νερό του φορέα μέχρι να το εξαφανίσουν τελείως. Το άζωτο και ο φώσφορος μπορεί να δημιουργήσουν το λεγόμενο φαινόμενο του ευτροφισμού, που εκδηλώνεται με την υπερβολική ανάπτυξη των φυκιών στον υδάτινο φορέα, με αποτέλεσμα την υποβάθμιση του φυσικού αποδέκτη.[1]

Για τον καθαρισμό των υγρών αποβλήτων χρησιμοποιείται συνδυασμός φυσικοχημικών και βιολογικών διεργασιών. Τα βασικά στάδια της επεξεργασίας είναι τα εξής:

1. Προεπεξεργασία: Βοηθά στην καλή λειτουργία της εγκατάστασης και στην προετοιμασία των αποβλήτων. Χρησιμοποιεί φυσικές μεθόδους όπως σχάρισμα, αμμοσυλλογή και λιποσυλλογή.
2. Πρωτοβάθμια επεξεργασία: Απομακρύνει τα αιωρούμενα στερεά με φυσικές μεθόδους όπως καθίζηση και επίπλευση.
3. Δευτεροβάθμια επεξεργασία: Διασπά και αφαιρεί την οργανική ύλη κυρίως με μικροοργανισμούς και λιγότερο με φυσικοχημικές διεργασίες.
4. Τριτοβάθμια επεξεργασία: Αφαιρεί ρυπαντικές ουσίες που είτε δεν απομακρύνονται με την δευτεροβάθμια επεξεργασία είτε η απομάκρυνση δεν είναι ικανοποιητική. Τέτοιοι ρύποι είναι το άζωτο, ο φώσφορος, βάρεια μέταλλα και διάφορες τοξικές ουσίες κ.α.

Η επεξεργασία των λυμάτων, δηλαδή των υγρών αποβλήτων που προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες της πόλης και περιέχουν ανθρώπινα περιττώματα, υγρά καθαρισμού – κουζίνας, υπολείμματα τροφών, νερά αποσύνθεσης, στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των συνεπειών της διάθεσής τους στο περιβάλλον. Κατά την

επεξεργασία των λυμάτων πραγματοποιείται αφαίρεση ή εξουδετέρωση όλων των συστατικών των λυμάτων τα οποία ρυπαίνουν ή μολύνουν το περιβάλλον ή τον αποδέκτη των λυμάτων.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων εξαρτώνται από πολλές παραμέτρους και κυρίως: 1) από τις συνθήκες και την ποιότητα ζωής, 2) από την επάρκεια του νερού, 3) από τις εισροές βρόχινου νερού (μικτό – χωριστικό δίκτυο) και 4) από τη διάθεση βιομηχανικών ή ειδικών αποβλήτων στο δίκτυο αποχέτευσης κ.λ.π.

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνεται ενδεικτικά μια τυπική σύνθεση των αστικών λυμάτων:

Πίνακας 1.1: Ενδεικτικές τιμές συγκεντρώσεων στα αστικά λύματα. [8]

A/A	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ (mg/l)
1	Ολικά στερεά	680 – 1.000
2	Πτητικά στερεά	380 – 500
3	Αιωρούμενα στερεά	200 – 290
4	Πτητικά αιωρούμενα στερεά	150 – 240
5	BOD ₅ (βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο)	290 – 410
6	COD (χημικά απαιτούμενο οξυγόνο)	680 – 730
7	Ολικό άζωτο	35 – 100
8	Αμμωνία	6 – 18
9	Νιτρικά και νιτρώδη	<5
10	Ολικός φώσφορος	6 – 24
11	Ολικά κολοβακτηροειδή	10 ¹⁰ - 10 ¹² απ./ ml
12	Κοπρανώδη κολοβακτηροειδή	10 ⁸ – 10 ¹⁰ απ./ ml

Η επεξεργασία την οποία θα υποστούν τα λύματα εξαρτάται από τον τελικό αποδέκτη τους, δηλαδή ανάλογα με το αν διατεθούν στο υπέδαφος (βόθροι κ.λ.π.), στο έδαφος (άρδευση), στα υπόγεια νερά, σε ρέμα ή ποτάμι ή στην θάλασσα.

Το έργο άρχισε να κατασκευάζεται το 1983, όταν αποφασίστηκε η μεταφορά και η επεξεργασία των λυμάτων της Αττικής στη νήσο Ψυττάλεια. Πρόκειται για ένα από τα μεγαλύτερα Κέντρα Επεξεργασίας Λυμάτων στην Ευρώπη, το οποίο συμβάλει αποφασιστικά στην εξυγίανση του Σαρωνικού και στην αναβίωση της χλωρίδας και της πανίδας του.

Τα έργα της Δευτεροβάθμιας φάσης, προϋπολογιζόμενης δαπάνης περίπου 34 δις. δρχ. Με την ολοκλήρωση και της δευτεροβάθμιας φάσης των έργων στο Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυττάλειας, ο Σαρωνικός δέχεται επεξεργασμένα λύματα με πολύ μικρό ποσοστό επιβάρυνσης, σε ρυπαντικό φορτίο και θρεπτικά στοιχεία που συμβάλουν στο ανεπιθύμητο φαινόμενο του ευτροφισμού. Επομένως, αναμένεται ότι η βελτίωση του θαλάσσιου περιβάλλοντος του Σαρωνικού Κόλπου θα συνεχιστεί με ταχύτερο ρυθμό, έτσι ώστε σχετικά σύντομα να αποκατασταθεί η ισορροπία των οικοσυστημάτων που διαβιούν σε όλη την έκταση του Σαρωνικού Κόλπου.

Ακολουθεί περιγραφή του Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων στη Ψυττάλεια στο οποίο γίνεται πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασία των λυμάτων σε ολοκληρωμένη μορφή. Επίσης, πραγματοποιείται και τριτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων, η οποία καθιστά το νερό της τελικής εξόδου, ύστερα από κάποια συγκεκριμένη διαδικασία, ικανό για ανάγκες άρδευσης. Η διαδικασία αυτή αποτελεί το πέρασμα του νερού από φίλτρα και από ακτινοβολία UV. Ωστόσο, προς το παρόν

η τριτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων δεν θεωρείται ολοκληρωμένη, διότι χρησιμοποιείται αποκλειστικά και μόνο για τις ανάγκες του Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων στη Ψυττάλεια. Αυτή τη περίοδο δεν φαίνεται να πραγματοποιούνται εργασίες για την ολοκλήρωσή της. Ωστόσο, υπάρχει ένα ολοκαίνουργιο τμήμα στο νησί της Ψυττάλειας, το τμήμα της ξήρανσης, το οποίο λειτουργεί με μεγάλη επιτυχία και θα εξετάσουμε λεπτομέρειες σε επόμενο κεφάλαιο.

1.1 ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΚΡΟΚΕΡΑΜΟΥ

Η κατασκευή της Α φάσης ολοκληρώθηκε το 1993 και από το Νοέμβριο του 1994 το Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυττάλειας βρίσκεται σε κανονική λειτουργία. Τα λύματα της Αθήνας (περίπου 720.000 κ.μ. ημερησίως) αφού υποστούν την αναγκαία προεπεξεργασία (εσχάρωση – εξάμμωση) στον Ακροκέραμο, οδηγούνται μέσω του συστήματος ανεστραμμένων σιφώνων στη νήσο Ψυττάλεια. Προς αποφυγή περιβαλλοντικών οχλήσεων, οι εγκαταστάσεις προεπεξεργασίας είναι καλυμμένες και ο περιεχόμενος αέρας υφίσταται συνεχή καθαρισμό, μέσω συστήματος μονάδων απόσμησης.

Κατά την προεπεξεργασία των λυμάτων, αρχικά γίνεται απομάκρυνση των βαρέων στερεών που περιέχονται σε αυτά, δηλαδή αντικειμένων μεγάλου βάρους ή όγκου με τη βοήθεια γερανών. Επειδή τα λύματα φτάνουν στο Κέντρο σε χαμηλό υψόμετρο σε σχέση με τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία τους, πραγματοποιείται ανύψωση των αποβλήτων με τέρμονες και κοχλίες Αρχιμήδη, έτσι ώστε στα επόμενα στάδια να έχουμε φυσική ροή λόγω βαρύτητας.

Η ελάχιστη παροχή των αντλιών ανύψωσης πρέπει να υπερκαλύπτει την συνολική μέγιστη παροχή που φέρνουν οι αποχετευτικοί αγωγοί στο αντλιοστάσιο ανύψωσης και να υπάρχει και η απαραίτητη εφεδρεία.

Η μέτρηση της παροχής των λυμάτων είναι πολύ σημαντική για την σωστή λειτουργία του Κέντρου και είναι απαραίτητη για την ελεγχόμενη φόρτιση του εξοπλισμού του Κέντρου.

Η μέτρηση της παροχής των λυμάτων μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε σε ανοικτούς είτε σε κλειστούς αγωγούς. Προτιμάται η μέτρηση σε ανοικτούς αγωγούς ώστε να υπάρχει κάθε στιγμή πρόσβαση στο παροχόμετρο.

Όταν η μέτρηση της παροχής πραγματοποιείται σε ανοικτούς αγωγούς τα λύματα διέρχονται από ειδικά διαμορφωμένο κανάλι ορθογωνικής ή παραβολικής διατομής ή διώρυγα του τύπου Parshall. Στο επάνω μέρος του καναλιού τοποθετείται ένας υπερηχητικός μετρητής στάθμης ώστε να "βλέπει" κάθετα την ροή των λυμάτων. Η μέτρηση της στάθμης σχετίζεται άμεσα με mV με την βοήθεια ειδικού μετατροπέα (transducer). Η ένδειξη των mV μετατρέπεται σε m³/h ή m³/min με την βοήθεια μιας καμπύλης (διαγράμματος) μετατροπής ή με ειδικό ψηφιακό μετρητή.

Η στιγμιαία ένδειξη δίνει τη στιγμιαία παροχή, ενώ με ολοκλήρωση (εμβαδομέτρηση) στο χαρτί του καταγραφικού μπορούμε να υπολογίσουμε αθροιστικά την παροχή για ορισμένο χρονικό διάστημα. Οι μετρητές ανοικτού καναλιού μπορούν να δώσουν πολύ καλές μετρήσεις με σφάλμα 1 – 2 %. Το στάδιο προεπεξεργασίας των λυμάτων περιλαμβάνει, όπως έχει ήδη αναφερθεί, την απομάκρυνση των βαρέων στερεών, τον εσχарισμό και την εξάμμωση.

Η απομάκρυνση των βαρέων στερεών πραγματοποιείται με την διέλευση των λυμάτων, πριν από την ανύψωσή τους, από ειδικά κανάλια καθίζησης.

Επειτα, τα λύματα περνούν από εσχάρες, οι οποίες συγκρατούν λεπτότερα υλικά τα οποία αν δεν απομακρυνθούν μπορούν να προκαλέσουν ζημιές στον

εξοπλισμό του Κέντρου. Οι εσχάρες είναι μηχανικά καθοριζόμενες και έχουν πάχος εσχάρων 12 mm ενώ το πάχος διακένων μεταξύ των εσχάρων είναι 25 mm. Επίσης, οι ίδιες βρίσκονται μέσα σε κτίριο, το οποίο είναι εξοπλισμένο με ειδικό σύστημα αερισμού, ώστε να μην υπάρχει μεγάλη διαρροή οσμών στον εξωτερικό χώρο.

Τέλος, τα λύματα περνούν από τις δεξαμενές εξάμμωσης (αμμοσυλλέκτες), όπου απομακρύνονται τα σωματίδια με διάμετρο μεγαλύτερη από 0,2 mm και πυκνότητα μεγαλύτερη από 2,6 gr/ml. Η εξάμμωση πραγματοποιείται σε αμμοσυλλέκτες αεριζόμενου τύπου, οι οποίοι επιτρέπουν την καταβύθιση της άμμου διατηρώντας ταυτόχρονα τα αιωρούμενα οργανικά στερεά σε αιώρηση. Οι αμμοσυλλέκτες είναι ορθογώνιες δεξαμενές με κατάλληλα διαμορφωμένους πυθμένες για την εύκολη συγκέντρωση και απομάκρυνση της άμμου. Τα λύματα αερίζονται με ειδική διάταξη διάχυσης αέρα που βρίσκεται στον πυθμένα του κάθε αμμοσυλλέκτη και σε τέτοια θέση ώστε να εξασφαλίζεται σπειροειδής ροή που βοηθά στην απελευθέρωση των κόκκων άμμου που είναι εγκλωβισμένοι στα στερεά των λυμάτων. Η άμμος κατακάθεται στον πυθμένα, ο οποίος έχει κωνική διαμόρφωση (τύπου σιλό), απ' όπου κατάλληλη αντλία απομακρύνει την άμμο μαζί με λύματα και τα οδηγεί σε κατάλληλους κάδους. Στους κάδους αυτούς κατακρατείται (στραγγίζει) η άμμος και τα στραγγίδια μέσω εσωτερικού αντλιοστασίου επιστρέφουν στην είσοδο της εγκατάστασης. Ύστερα από αυτή την αναγκαία προεπεξεργασία στον Ακροκέραμο, τα λύματα οδηγούνται μέσω του συστήματος ανεστραμμένων σιφώνων στη νήσο Ψυττάλεια.

Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνονται οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας των λυμάτων στον Ακροκέραμο.



Εικόνα 1.1 : Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας στον Ακροκέραμο

1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΨΥΤΤΑΛΕΙΑΣ

1.2.1 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ

Τα απόβλητα, αφού φθάσουν μέσω του υποθαλάσσιου αγωγού, στην Ψυττάλεια οδηγούνται μέσω καναλιών, στις έξι ορθογώνιες δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης διαστάσεων η κάθε μία (100 × 20 × 3) m, συνολικού όγκου 7.380 m³. Στις δεξαμενές αυτές καθιζάνουν τα αιωρούμενα σωματίδια που περιέχονται στα λύματα. Στις δεξαμενές αυτές υπάρχουν ειδικοί μηχανισμοί σάρωσης με τους οποίους τα καθιζάνοντα αιωρούμενα σωματίδια συγκεντρώνονται στους κώνους της κάθε δεξαμενής και οδηγούνται με την βοήθεια αντλιών στις δεξαμενές προπάχυνσης ιλύος. Ο χρόνος παραμονής των λυμάτων στις δεξαμενές Πρωτοβάθμιας Καθίζησης είναι περίπου 1,5 h. .

Οι δεξαμενές αυτές έχουν ειδικά διαμορφωμένους πυθμένες (κωνικής διαμόρφωσης στην είσοδο κάθε δεξαμενής), ώστε να διευκολύνεται η απομάκρυνση των καθιζάνοντων στερεών και η άντληση τους προς τις δεξαμενές προπάχυνσης. Ακριβώς πριν από την είσοδο των λυμάτων στις δεξαμενές καθίζησης πραγματοποιείται ελαφρά ανάδευση τους ώστε να μην παρατηρούνται φαινόμενα πρόωρης καθίζησης.

Οι εγκαταστάσεις που προαναφέρθηκαν φαίνονται στις εικόνες που ακολουθούν



Εικόνα 1.2. : Κανάλια μεταφοράς λυμάτων [8]



Εικόνα 1.3: Απεικόνιση των Πρωτοβάθμιων Δεξαμενών

1.2.2 ΒΙΟΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ

Κατά την λειτουργία της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας των λυμάτων, ο καθαρισμός των εισερχομένων λυμάτων θα γίνεται σε ποσοστό μεγαλύτερο του 95 %. Στην φάση αυτή τα λύματα θα οδηγούνται μετά τις Δεξαμενές Πρωτοβάθμιας Καθίζησης στις Δεξαμενές Αερισμού.

Οι Δεξαμενές Αερισμού είναι το σημαντικότερο τμήμα των Κέντρων Επεξεργασίας Λυμάτων. Στις δεξαμενές αυτές δημιουργούμε συνθήκες κατάλληλες ώστε να πραγματοποιείται απομάκρυνση των οργανικών στερεών των λυμάτων με την βοήθεια αερόβιων μικροοργανισμών. Η βιομάζα που σχηματίζεται στις δεξαμενές αερισμού με την βοήθεια των διάφορων μικροοργανισμών, όταν υπάρχει επάρκεια διαλυμένου οξυγόνου, ονομάζεται "ενεργός ιλύς".

Οι μικροοργανισμοί της ενεργού ιλύος (βιομάζα) προσροφούν – αφομοιώνουν τις βιοαποικοδομήσιμες ουσίες και τις μετατρέπουν σε νέα βιομάζα και προϊόντα μεταβολισμού, δηλαδή σε διοξείδιο του άνθρακα, νερό, άζωτο και νιτρικά, θειικά και αδρανές υπόλειμμα. Το μίγμα ενεργούς ιλύος και λυμάτων (τροφή των μικροοργανισμών) που αερίζεται και αναμιγνύεται συνεχώς στις δεξαμενές αερισμού ονομάζεται "ανάμικτο υγρό" (MLSS). Ο σωστός αερισμός του ανάμικτου υγρού είναι απαραίτητος προκειμένου να εξασφαλίζεται αφ' ενός μεν, πλήρης ανάμιξη της βιομάζας και της τροφής, αφ' ετέρου δε, το απαιτούμενο διαλυμένο οξυγόνο για την επιβίωση (μεταβολισμό και πολλαπλασιασμό) των μικροοργανισμών.

Ο σχεδιασμός και η διαστασιολόγηση των δεξαμενών αερισμού πραγματοποιείται με βάση τα χαρακτηριστικά των εισερχομένων λυμάτων, τις προδιαγραφές και τις αποδόσεις της επεξεργασίας τις τοπικές συνθήκες, κ.λ.π. ο χρόνος παραμονής στον αερισμό μπορεί να είναι από μισή ώρα έως και περισσότερο από 36 ώρες. Οι δεξαμενές αερισμού έχουν σχήμα ορθογώνιο, βάθους 2,5 – 4,5 μέτρων (ή κυκλικής – ελλειψοειδούς τάφρου).

Τα κυριότερα συστήματα αερισμού είναι τα εξής:

- Αερισμός με διάχυση αέρα : Το σύστημα αυτό αποτελείται από φυσητήρες αέρα που διοχετεύουν μεγάλες ποσότητες αέρα με κατάλληλους αεραγωγούς στα συστήματα διάχυσης (διαχυτήρες). Οι διαχυτήρες τοποθετούνται κοντά στον πυθμένα της δεξαμενής αερισμού και δημιουργούν φυσαλίδες αέρα που κινούνται προς την επιφάνεια της δεξαμενής. Κατά την άνοδό τους οι φυσαλίδες εμπλουτίζουν το ανάμικτο υγρό με οξυγόνο.
- Αερισμός με επιφανειακούς αεριστήρες ή περιστρεφόμενες ψήκτρες : Οι επιφανειακοί αεριστήρες και οι ψήκτρες περιστρέφονται αργά (30 – 80 στρ/λεπτό) και προκαλούν μεγάλη ανατάραξη του ανάμικτου υγρού και τεχνητό αερισμό λόγω της έντονης ανάδευσης. Οι επιφανειακοί αεριστήρες είναι απλούστεροι από το σύστημα αερισμού με διάχυση αέρα αλλά μειονεκτούν στις αποδόσεις αερισμού (αποδόσεις 8 – 15 %).

Το σύστημα αερισμού που χρησιμοποιείται στο Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων της Ψυττάλειας είναι ο αερισμός με διάχυση αέρα.



Εικόνα 1.4: Απεικόνιση Δεξαμενών Αερισμού (Βιοαντιδραστήρες)

1.2.3 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ

Το ανάμικτο υγρό παραμένει στις δεξαμενές τελικής καθίζησης για 2 – 4 ώρες, όπου πραγματοποιείται καθίζηση της ιλύος αφήνοντας διαυγές το υπερκείμενο υγρό. Οι μικροοργανισμοί συσσωματώνονται σε αποικίες – μεγαλύτερα σωματίδια, με μηχανισμούς βιολογικής συσσωμάτωσης – κροκίδωσης και καθιζάνουν στον πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης συμπαρασύροντας και άλλα αιωρούμενα στερεά. Τα συσσωματώματα βιομάζας, λυμάτων και αιωρούμενων σωματιδίων αποτελούν την ενεργό ιλύ, μέρος της οποίας μετά την συμπύκνωση της ανακυκλοφορείται προς τις δεξαμενές αερισμού. Η ανακυκλοφορία ιλύος και η απομάκρυνσή της περίσσειας της έχουν σκοπό την διατήρηση της βιομάζας που απαιτείται για την σωστή λειτουργία των δεξαμενών αερισμού και τελικής καθίζησης.

Οι δεξαμενές τελικής καθίζησης είναι ένα πολύ σημαντικό τμήμα της επεξεργασίας των λυμάτων, διότι εάν δεν γίνει σωστός διαχωρισμός της ιλύος από το υπερκείμενο υγρό, υπάρχει περίπτωση η εκροή να είναι λιγότερο καθαρή από τα ανεπεξέργαστα λύματα. (εικόνα 1.5)

Οι δεξαμενές τελικής καθίζησης διακρίνονται σε οριζόντιας ροής (κυκλικές ή ορθογώνιες) και κατακόρυφης ροής.

Στις δεξαμενές οριζόντιας ροής η ιλύς που καθιζάνει συγκεντρώνεται στο βαθύτερο τμήμα που έχει τη μορφή σιλό, απ' όπου οδηγείται λόγω βαρύτητας στο αντλιοστάσιο ενεργού ιλύος. Στην συνέχεια, ένα μέρος της ιλύος ανακυκλοφορείται στις δεξαμενές αερισμού, ενώ η υπόλοιπη απομακρύνεται με άλλες αντλίες προς την γραμμή επεξεργασίας της ιλύος. Τα επιπλέοντα συγκεντρώνονται με ειδικά ξέστρα σε φρεάτιο, απ' όπου οδηγούνται επίσης προς την γραμμή επεξεργασίας της ιλύος.

Στις δεξαμενές κατακόρυφης ροής η ενεργός ιλύ καθιζάνει στον πυθμένα της κωνικής δεξαμενής, απ' όπου με την βοήθεια αντλιών ανακυκλοφορείται προς τις δεξαμενές αερισμού. Τα επιπλέοντα οδηγούνται με την βοήθεια αεραντλιών προς την γραμμή επεξεργασίας της ιλύος.

Η συμπυκνωμένη ενεργός ιλύς που απομακρύνεται από τις δεξαμενές τελικής καθίζησης υφίσταται την ίδια επεξεργασία με την ιλύ που απομακρύνεται από τις δεξαμενές Πρωτοβάθμιας Καθίζησης.



Εικόνα 1.5: Απεικόνιση των Δεξαμενών Τελικής Καθίζησης

1.2.4 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΠΡΟΠΑΧΥΝΣΗΣ

Η απομάκρυνση της ιλύος από τους κώνους των δεξαμενών Πρωτοβάθμιας Καθίζησης πραγματοποιείται ανάλογα με την πυκνότητά της και με την βοήθεια αντλιών που την οδηγούν στις δεξαμενές Προπάχυνσης. Οι δεξαμενές αυτές είναι κυκλικές, συνεχούς ανάδευσης, με περιφερειακά κανάλια υπερχειλίσεως. Ο πυθμένας των δεξαμενών έχει μικρή κλίση προς το κέντρο του ώστε να διευκολύνεται η συλλογή της παχυμένης ιλύος. Οι δεξαμενές είναι τρεις και έχουν συνολικό όγκο 7.380 m^3 .

Οι υπερχειλίσεις των Προπαχυντών επιστρέφουν λόγω βαρύτητας στο κανάλι εισόδου της πρωτοβάθμιας καθίζησης, ενώ η ιλύς οδηγείται από τους πυθμένες των δεξαμενών στους αναερόβιους βιοαντιδραστήρες (χωνευτές) με την βοήθεια αντλιών.

1.2.5 ΜΟΝΑΔΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΠΑΧΥΝΣΗΣ

Η αφυδάτωση της λάσπης με μηχανικά μέσα είναι πολύ διαδεδομένη τα τελευταία χρόνια. Το πιο συνηθισμένο μηχανικό μέσο αφυδάτωσης είναι η ταινιοφιλτρόπρεσα. Τα πλεονεκτήματα των ταινιοφιλτροπρεσών έναντι των άλλων μεθόδων αφυδάτωσης είναι η μικρή κατανάλωση ενέργειας, η ευκολία στην λειτουργία τους χωρίς την απαίτηση ιδιαίτερα ειδικευμένου προσωπικού, ο μικρός χώρος που απαιτείται για την εγκατάστασή τους, και τέλος, η ικανοποιητική απόδοση τους ανεξάρτητα από καιρικές συνθήκες. [1]

1.2.6 ΧΩΝΕΥΤΕΣ

Η σταθεροποίηση της προπαχυμένης ιλύος πραγματοποιείται σε αναερόβιους, θερμαινόμενους χωνευτές. Οι χωνευτές είναι κυκλικές δεξαμενές κλειστού τύπου, οι οποίες είναι εξοπλισμένες με ειδικά συστήματα συνεχούς ανάδευσης και θέρμανσης της ιλύος, η θερμοκρασία της οποίας πρέπει να είναι σταθερή μεταξύ 30 – 35

βαθμούς Κελσίου. Η ανάδευση και η θέρμανση της ιλύος επιτυγχάνονται από εναλλάκτες ζεστού νερού – ιλύος που παράγεται από λέβητες διπλού καυσίμου (βιοαέριο και πετρέλαιο). Οι χωνευτές είναι επιχωμένοι για λόγους θερμοκρασίας αλλά και αισθητικής ενώ στην οροφή τους υπάρχει θερμομόνωση. Η απομάκρυνση της ιλύος γίνεται από δυο σημεία (πυθμένας και μέσο).

Οι βιοαντιδραστήρες αποτελούν μέρος της Β φάσης του Κέντρου. Στους αναερόβιους βιοαντιδραστήρες (χωνευτές) πραγματοποιείται ελάττωση των περιεχομένων στην ιλύ οργανικών στερεών κατά 40% τουλάχιστον. Η ελάττωση των οργανικών στερεών μέσα στους βιοαντιδραστήρες οφείλεται στη δράση αναερόβιων μικροοργανισμών οι οποίοι σε πρώτο στάδιο διασπών τις οργανικές ενώσεις μεγάλου μοριακού βάρους που περιέχονται στα λύματα σε οργανικές ενώσεις μικρότερου μοριακού βάρους. Στην συνέχεια οι οργανικές αυτές ενώσεις μετατρέπονται με την βοήθεια μεθανοβακτηρίων σε βιοαέριο (περίπου 67% CH₄ , 32% CO₂, ίχνη H₂S και H₂O).

Κατά την αναερόβια χώνευση (που χαρακτηρίζεται από μέση απόδοση διάσπασης οργανικού φορτίου ίση προς 42 %) παράγεται βιοαέριο, σε μέση ποσότητα περίπου 50.000 m³ την ημέρα. Το βιοαέριο που παράγεται από τη χώνευση συλλέγεται στην οροφή του χωνευτή με δυο σωληνώσεις. Η μια οδηγεί το βιοαέριο στους συμπιεστές για την επανακυκλοφορία, ενώ η άλλη το οδηγεί στα αεροφυλάκια για αποθήκευση.

Ένα μέρος της ποσότητας που παράγεται χρησιμοποιείται για θέρμανση των χωνευτών. Οι συμπιεστές βιοαερίου, οι λέβητες καθώς και οι αντλίες των κυκλωμάτων νερού βρίσκονται σε ένα κτίριο, μαζί με τον πίνακα ελέγχου όλης της χώνευσης.



Εικόνα 1.6 : Απεικόνιση δεξαμενής χωνευτή

1.2.7 ΣΤΑΔΙΟ ΑΦΥΔΑΤΩΣΗΣ

Η απομάκρυνση της χωνευμένης ιλύος πραγματοποιείται από την υπερχείλιση των χωνευτών σε τακτά χρονικά διαστήματα, ανάλογα με την συγκέντρωσή της, και οδηγείται με την βοήθεια αντλιών στο τμήμα Αφυδάτωσης

Η αφυδάτωση της ιλύος, η οποία αποτελεί το τελικό στάδιο επεξεργασίας της, πραγματοποιείται με την μέθοδο της φυγοκέντρωσης. Γενικά, η αφυδάτωση και η ξήρανση της λάσπης αποβλέπει στην απομάκρυνση μέρους του νερού, ώστε η λάσπη να αποβάλει το ρευστό χαρακτήρα και να διευκολυνθούν οι χειρισμοί και η χρησιμοποίησή της. Η μέθοδος της φυγοκέντρωσης, η οποία εφαρμόζεται στο Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων της Ψυττάλειας, χρησιμοποιείται τόσο για την πύκνωση της λάσπης, όσο και για την αφυδάτωση μετά από άλλες επεξεργασίες. Με

την φυγοκέντρωση αυξάνει πολλαπλάσια (100 – 600 – 1000 φορές) η δύναμη της βαρύτητας και εξασφαλίζεται ικανοποιητική συμπύκνωση των στερεών (20 – 25 %) με απομάκρυνση 50 – 80 % των εισερχομένων στερεών, που μπορεί να αυξηθούν σε 80 – 95 % με χρησιμοποίηση κροκιδωτικών υλικών, όπως είναι οι οργανικοί πολυηλεκτρολύτες. Η διαδικασία της φυγοκέντρωσης είναι απλή, καθαρή και σχετικά οικονομική. Απαιτεί μικρότερη έκταση από φίλτρο κενού της ίδιας δυναμικότητας και έχει ευχέρεια προσαρμογής της λειτουργίας με τη ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής και του όγκου του κυλίνδρου. Σχετικό μειονέκτημα της φυγοκεντρίσεως είναι, ότι το διαχωριζόμενο υγρό περιέχει πολλά λεπτά μη καθιζάνοντα στερεά, που με την επαναφορά τους στην εισαγωγή επιβαρύνουν την τελική απορροή. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος είτε επιμηκύνεται ο χρόνος φυγοκεντρίσεως, είτε χρησιμοποιούνται κροκιδωτικά υλικά.

1.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΨΥΤΤΑΛΕΙΑΣ

1.3.1 ΓΡΑΜΜΗ ΥΓΡΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

Όπως προαναφέρθηκε, αφού τα λύματα υποστούν μια αναγκαία προεπεξεργασία στον Ακροκέραμο, εισέρχονται με τη μορφή υγρού στο κανάλι εισόδου του νησιού. Στο κανάλι αυτό εισέρχονται και κάποιες επιστροφές από τα στραγγίδια στο τμήμα της αφυδάτωσης και από την υπερχειλίση της προπάχυνσης. Το κανάλι εισόδου οδηγεί στις δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης. Η υπερχειλίση των δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης οδηγείται στην δευτεροβάθμια επεξεργασία του Κέντρου. Αρχικά στους βιοαντιδραστήρες, όπου στην είσοδό τους εισέρχονται επιστροφές από τα στραγγίδια της Μηχανικής Πάχυνσης και μετέπειτα στις δεξαμενές τελικής καθίζησης, οι οποίες είναι και το τελικό στάδιο των υγρών αφού η υπερχειλίσή τους οδηγεί στην τελική έξοδο του νησιού.



Εικόνα 1.7 : Απεικόνιση του αγωγού της τελικής εξόδου

1.3.2 ΓΡΑΜΜΗ ΙΛΥΟΣ

Η γραμμή πορείας της ιλύος ξεκινάει από τις δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης. Από τον κωνικά κατασκευασμένο πυθμένα τους η πρωτοβάθμια ιλύς που συγκεντρώνεται οδηγείται στους προπαχυντές, μέσω αντλιοστάσιου.

Στις δεξαμενές προπάχυνσης η ιλύς οδηγείται με συγκέντρωση περίπου 4% ενώ απομακρύνεται από αυτές με συγκέντρωση περίπου 7,5%. Στις δεξαμενές αυτές πραγματοποιείται συνεχής ανάδευση της ιλύος ενώ η πάχυνση επιτυγχάνεται λόγω βαρύτητας.

Στη συνέχεια η προπαχυμένη ιλύς οδηγείται από τον πυθμένα των δεξαμενών προπάχυνσης με την βοήθεια αντλιών στους αναερόβιους βιοαντιδραστήρες (χωνευτές). Στο στάδιο αυτό γίνεται αναερόβια σταθεροποίηση της προερχόμενης λάσπης από τους προπαχυντές. Επιπροσθέτως, στους αναερόβιους χωνευτές προστίθεται η ενεργός ιλύς από τον πυθμένα των δεξαμενών δευτεροβάθμιας καθίζησης, αφού πρώτα περάσει από το στάδιο της μηχανικής πάχυνσης.

Στη συνέχεια η ιλύς οδηγείται προς αφυδάτωση, όπου επιτυγχάνεται με την μέθοδο της φυγοκέντρωσης και με την βοήθεια πολυηλεκτρολύτη, συμπύκνωση της ιλύος σε συγκέντρωση περίπου 30 % .

Η αφυδατωμένη ιλύς, το ποσοστό της οποίας σε πτητικά στερεά δεν πρέπει να υπερβαίνει το 15 %. Τέλος, η αφυδατωμένη ιλύς οδηγείται στη μονάδα ξήρανσης. Πριν ολοκληρωθεί η μονάδα ξήρανσης λειτουργούσε η μονάδα ασβεστοποίησης, όπου επιτυγχάνεται η υγειονομοποίηση της ιλύος πριν την απόθεσή της. Σκοπός της ξήρανσης είναι η απομάκρυνση της υγρασίας της λάσπης σε τέτοιο βαθμό ώστε η υγρασία της ξερής λάσπης να είναι κάτω από 10 %. Τα πιο σοβαρά προβλήματα περιβάλλοντος που πρέπει να αντιμετωπισθούν κατά τη θερμική ξήρανση είναι η ρύπανση της ατμόσφαιρας με αιωρούμενα σωματίδια και η δυσσομία.

1.4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΧΗΜΕΙΟΥ

1.4.1 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Ως δειγματοληψία νοούνται όλες οι διαδικασίες επιλογής, συλλογής, διατήρησης και μεταφοράς προς ανάλυση μιας ενδεικτικής ποσότητας ενός υλικού. Η ποσότητα αυτή (δείγμα) πρέπει να ανταποκρίνεται στα χαρακτηριστικά του προς ανάλυση υλικού και να επιτρέπει την αναγωγή των παραμέτρων που θα προσδιοριστούν στο δείγμα, στο αρχικό υλικό. Πριν τη δειγματοληψία, μελετάται το υλικό που πρόκειται να αναλυθεί, καθορίζονται οι απαιτούμενοι προσδιορισμοί και επιλέγονται οι ποσότητες που θα χρησιμοποιηθούν ως δείγμα. Το δείγμα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικό του αρχικού υλικού. Η αντιπροσωπευτικότητα εξασφαλίζεται με επιλογή των κατάλληλων σημείων και του χρόνου δειγματοληψίας καθώς και τη διατήρηση αναλλοίωτου του δείγματος μέχρι την έναρξη της ανάλυσης.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων πρέπει να είναι κατά το δυνατόν επαναλήψιμα, γι αυτό τα σημεία δειγματοληψίας σε υδάτινους αποδέκτες πρέπει να ορίζονται σε σχέση με σταθερά σημεία ή να προσδιορίζονται και να σημειώνονται σε τοπογραφικό χάρτη.

Η δειγματοληψία ομοιογενών υλικών, όπως είναι το νερό που προέρχεται από δίκτυο ύδρευσης πόλεων και τα λύματα πόλεων, δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα προβλήματα και είναι σχετικά απλή. Αντίθετα, η συλλογή δειγμάτων από λίμνες,

θάλασσα και βιομηχανικά απόβλητα που παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις, κατά τη διάρκεια της ημέρας και του έτους, απαιτεί συνήθως ειδική μελέτη για τον καθορισμό των σημείων δειγματοληψίας και της συχνότητας συλλογής των δειγμάτων.

Δειγματοληψία σε λύματα και απόβλητα, προϋποθέτει γνώση των μεταβολών, στο χρόνο, των υδραυλικών και ρυπαντικών παραμέτρων τους. Στα αστικά λύματα, ένας εβδομαδιαίος κύκλος ωριαίων καθημερινών δειγματοληψιών το χειμώνα κι άλλος ένας το καλοκαίρι, είναι συνήθως επαρκείς για να δώσουν μια ακριβή εικόνα της κατάστασης.

Ειδικά για τα λύματα και απόβλητα, η Ε1β/221/1965 Υγειονομική Διάταξη προσδιορίζει ότι η δειγματοληψία και μεταφορά του δείγματος, πρέπει να γίνονται από τον επιστήμονα αναλυτή του δείγματος. Ανάλυση σε δείγμα που προσκομίζεται στο εργαστήριο, δεν εξασφαλίζει τη δυνατότητα αναγωγής των αποτελεσμάτων στο αρχικό υλικό από τον αναλυτή και γενικά πρέπει να αποφεύγεται ή τουλάχιστον να αναφέρεται σαφώς ότι τα αποτελέσματα είναι ενδεικτικά, μόνο, για το προσκομιθέν δείγμα.

1.4.1.1 Βασικοί κανόνες δειγματοληψίας

Οι βασικοί κανόνες δειγματοληψίας είναι οι παρακάτω:

- Το δείγμα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικό και να αντιστοιχεί στις συνηθισμένες συνθήκες του προς ανάλυση υλικού.
- Η συλλογή και μεταφορά του δείγματος στο εργαστήριο πρέπει να εξασφαλίζουν τη διατήρηση των χαρακτηριστικών του δείγματος και να αποκλείουν την αλλοίωση του.
- Η συλλογή δειγμάτων νερού γίνεται συνήθως σε φιάλες επιμελώς καθαρισμένες. Αν πρόκειται να γίνει και μικροβιολογικός έλεγχος, το δοχείο δειγματοληψίας πρέπει να είναι αποστειρωμένο.
- Κάθε δοχείο δειγματοληψίας σημαίνεται με ετικέτα, που αναγράφει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για την ταυτοποίηση ή αναγνώρισή του, όπως το όνομα και η ιδιότητα του δειγματολήπτη, ημερομηνία, ώρα, ακριβή τοποθεσία, θερμοκρασία νερού και όποια στοιχεία απαιτούνται για την σύγκριση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, όπως καιρικές συνθήκες, στάθμη νερού, βάθος, ύπαρξη ρευμάτων και άλλα. Εναλλακτικά, το δείγμα μπορεί να σημαίνεται με ένα αριθμό και οι απαραίτητες πληροφορίες για την αναγνώριση του δείγματος να γράφονται σε ειδικά δελτία δειγματοληψίας, που συνοδεύουν τις φιάλες δειγματοληψίας.
- Οι λεπτομέρειες δειγματοληψίας διαφέρουν σημαντικά, ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες. Η ποσότητα, ο τρόπος διατήρησης και μεταφοράς των δειγμάτων, εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά που θα προσδιοριστούν στο εργαστήριο. Οι γενικές οδηγίες που ακολουθούν δεν μπορούν να δώσουν όλες τις απαιτούμενες πληροφορίες για τη δειγματοληψία, όταν πρόκειται να προσδιοριστούν π.χ. ευμετάβλητα χαρακτηριστικά. Αποτελούν απλά οδηγό, που πρέπει να συνδυάζεται, κάθε φορά, με τις ειδικές απαιτήσεις δειγματοληψίας.

1.4.1.2 Τύποι δειγμάτων

Στιγμαιαία δείγματα

Με τον όρο "στιγμαιαία δείγματα" νοούνται τα δείγματα που συλλέγονται σε μια ορισμένη ώρα και θέση και αντιπροσωπεύουν τη συγκεκριμένη σύνθεση της πηγής, τη στιγμή της δειγματοληψίας.

Αν η πηγή θεωρείται ότι έχει συγκεκριμένα και αμετάβλητα χαρακτηριστικά στην διάρκεια του χρόνου, τότε μπορούμε να θεωρήσουμε το δείγμα αντιπροσωπευτικό. Αν η πηγή παρουσιάζει διακυμάνσεις στο χρόνο, απαιτείται να συλλέγονται στιγμαιαία δείγματα, ανά ορισμένα χρονικά διαστήματα και να αναλύονται, ξεχωριστά. Με αυτό τον τρόπο, μπορούμε να έχουμε τη συχνότητα και διάρκεια των ημερήσιων διακυμάνσεων. Στη συνέχεια, συλλέγουμε δείγματα ανά χρονικά διαστήματα που αντιστοιχούν στις αναμενόμενες μεταβολές (από 5 λεπτά ως 1 ώρα ή και περισσότερο).

Όταν η σύσταση των νερών ποικίλλει στο χώρο παρά στο χρόνο, πρέπει να συλλέγεται σειρά δειγμάτων από τα διάφορα σημεία της πηγής. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη συλλογή δειγμάτων λάσπης από βιολογικούς καθαρισμούς ή από τον πυθμένα ποταμών ή λιμνών.

Σύνθετα δείγματα

Στις περισσότερες περιπτώσεις, ο όρος "σύνθετα δείγματα", αναφέρεται στη συλλογή και ανάμιξη ορισμένης ποσότητας στιγμαιαίων δειγμάτων που έχουν συλλεχθεί από το ίδιο σημείο σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα.

Τα σύνθετα δείγματα είναι πολύ χρήσιμα στην εκτίμηση των μέσων συγκεντρώσεων ορισμένων παραμέτρων, όπως στον υπολογισμό του οργανικού φορτίου των αποβλήτων. Συνήθως, τα σύνθετα δείγματα συλλέγονται σε 24ωρη βάση, ανά 1 ή 2 ώρες. Φυσικά, κάτω από ορισμένες περιστάσεις, μπορεί να απαιτηθεί η συλλογή δειγμάτων μετά από έναν πλήρη κύκλο παραγωγικής διαδικασίας ή σε άλλα χρονικά διαστήματα.

Τα σύνθετα δείγματα συλλέγονται σε ευρύστομες φιάλες (τουλάχιστον 35 mm διάμετρο) και χωρητικότητας τουλάχιστον 120 ml. Τα επιμέρους δείγματα συλλέγονται ανά μια ώρα – σε μερικές περιπτώσεις ανά μισή ώρα ή ανά 5 λεπτά – και στο τέλος της περιόδου συλλογής, αναμιγνύονται σε μια φιάλη των 2 ή 3 λίτρων (αυτός ο όγκος είναι συνήθως αρκετός για δειγματοληψία λυμάτων ή αποβλήτων).

Στο εμπόριο, κυκλοφορούν αυτόματοι δειγματολήπτες, που μέσω χρονοδιακόπτη, αντλούν ορισμένη ποσότητα δείγματος, σε τακτά χρονικά διαστήματα. Τέτοιου είδους δειγματολήπτες χρησιμοποιούνται στο Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυττάλειας. Ωστόσο, οι αυτόματοι δειγματολήπτες δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για συλλογή δειγμάτων που απαιτούν ιδιαίτερη συντήρηση.

1.4.2 ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Παρακάτω αναφέρονται οι χημικές αναλύσεις και οι υπολογισμοί χημικών παραμέτρων που πραγματοποιούνται σε καθημερινή βάση στο χημείο του Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυττάλειας. (πίνακας 1) Οι υπολογισμοί σημειώνονται σε ένα φύλλο ώστε στη συνέχεια να γίνει ενημέρωση των διαφόρων στοιχείων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2: Χημικές αναλύσεις που πραγματοποιούνται καθημερινά στο Χημείο της Ψυττάλειας. [8]

	KANONIKH HMEPA	MH KANONIKH HMEPA
IN (είσοδος στην εγκατάσταση)	pH, TSS, VSS, COD, COD _d , BOD ₅ , TKN, NH ₄	TSS, COD, TKN, NH ₄
IN*	pH, TSS, VSS, COD, COD _d , BOD ₅	TSS
OUT (έξοδος πρωτοβάθμιας καθίζησης)	pH, TSS, VSS, COD, COD _d , BOD ₅	TSS
Φ.Φ (είσοδος στη βιολογική βαθμίδα)	pH, TSS, VSS, COD, COD _d , BOD ₅ , TKN, NH ₄	TSS, COD, COD _d , BOD ₅ , TKN, NH ₄
T.E (τελική έξοδος)	pH, TSS, COD, BOD ₅ , TKN, NH ₄ , NO ₃	TSS, COD, BOD ₅ , TKN, NH ₄
Βιοαντιδραστήρες	TSS, VSS, SVI, R.R	TSS, SVI, R.R
P.8	pH, TS, VS	pH, TS, VS
P.8 (στ.)	pH, TS, VS	pH, TS, VS
ΠΡΟΠΑΧΥΝΣΗ	pH, TS, VS	pH, TS, VS
ΠΡΟΠΑΧΥΝΣΗ (στ)	pH, TS, VS	pH, TS, VS
Υπερχείλιση Προπάχ.	pH, TS, VS	pH, TS, VS
T.	pH, TS, VS	pH, TS, VS
Φ.Μ.Π.	TSS, VSS	TSS, VSS
Στραγγίδια Μηχανικής Πάχυνσης	TS	TS
Έξοδος Μηχανικής Πάχυνσης	TS, VS	TS, VS
Υπερχείλιση Χώνευσης	ph, TS, VS	TS, VS
Ανακυκλοφορία Χώνευσης	pH, TS, VS, ALK, V.A	pH, TS, VS, ALK, V.A
Είσοδος αφυδάτωσης	TS, VS	TS, VS
Έξοδος αφυδάτωσης	TS, VS	TS, VS
Στραγγίδια αφυδάτωσης	TS, COD, BOD ₅ , TSS, TKN	TS, TKN

1.4.2.1 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΜΜΩΝΙΑΣ

Ο προσδιορισμός της αμμωνίας μπορεί να γίνει με πολλές μεθόδους. Η επιλογή της μεθόδου εξαρτάται από την συγκέντρωση της αμμωνίας, το είδος του εξεταζόμενου δείγματος, τις τυχόν παρεμποδιστικές ουσίες και την απαιτούμενη ακρίβεια. Οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες μέθοδοι είναι η μέθοδος Nessler, η μέθοδος ινδοφαινόλης, η μέθοδος εκλεκτικών ηλεκτροδίων και η ογκομετρική μέθοδος.

Στα πόσιμα και γενικά στα καθαρά νερά που έχουν μικρή συγκέντρωση αμμωνίας, ο προσδιορισμός της αμμωνίας, δεν παρουσιάζει δυσκολία και μπορεί να προσδιοριστεί με κάποια από τις τρεις προηγούμενες μεθόδους. Στα λύματα και βιομηχανικά απόβλητα, όπου η συγκέντρωση της αμμωνίας είναι υψηλή και

ενδέχεται να υπάρχουν παρεμποδιστικοί παράγοντες, η αμμωνία αποστάζεται αρχικά και στη συνέχεια προσδιορίζεται με μια από τις τρεις μεθόδους.

Στο Χημείο στην Ψυτάλεια εφαρμόζεται η ογκομετρική μέθοδος, η οποία όπως προαναφέρθηκε εφαρμόζεται πάντα μετά από απόσταξη και εφαρμόζεται σε δείγματα με περιεκτικότητα σε αμμωνία, μεγαλύτερη από 4 mg/L. Η μέθοδος αυτή, δεν εφαρμόζεται σε καθαρά επιφανειακά και πόσιμα ύδατα και είναι κατάλληλη για δείγματα λυμάτων και αποβλήτων.

Στο προκαταρκτικό στάδιο απόσταξης, γίνεται ρύθμιση του pH του δείγματος, στην τιμή 9,5, με προσθήκη της απαιτούμενης ποσότητας ρυθμιστικού διαλύματος βορικών, προκειμένου να μειωθεί η υδρόλυση των κυανιούχων και των αζωτούχων οργανικών ενώσεων. Στη συνέχεια, το δείγμα αποστάζεται και παραλαμβάνεται σε διάλυμα βορικού οξέος, αφού ο εν συνεχεία προσδιορισμός της αμμωνίας στο απόσταγμα θα γίνει με ογκομέτρηση.

Ο εργαστηριακός εξοπλισμός του Χημείου είναι μια συσκευή απόσταξης Kjeldahl και pH – μετρο. Η συσκευή απόσταξης αποτελείται από μια φιάλη βρασμού Kjeldahl όγκου 800 – 2000 ml, κατακόρυφο ψυκτήρα, συνδεδεμένο με κεκλιμένο σωλήνα, το άκρο του οποίου καταλήγει σε κωνική φιάλη όγκου 500 ml, για την παραλαβή του αποστάγματος. Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται είναι τα ακόλουθα: νερό ελεύθερο αμμωνίας, ρυθμιστικό διάλυμα βορικών, διάλυμα NaOH 6N, διάλυμα αποχλωρίωσης του δείγματος, διάλυμα H₂SO₄ 1N, διάλυμα NaOH 1N, διάλυμα βορικού οξέος. Μικτό διάλυμα δείκτη, μικτό διάλυμα βορικού οξέος και δείκτη και διάλυμα H₂SO₄ 0,04 N.

Αφού προηγηθεί λοιπόν το στάδιο της απόσταξης ακολουθεί στην προκειμένη περίπτωση ο ογκομετρικός προσδιορισμός. Η αρχή μεθόδου του προσδιορισμού αφορά την απόσταξη της ελεύθερης αμμωνίας σε αλκαλικό περιβάλλον και στη συνέχεια οξυμετρικός προσδιορισμός της αμμωνίας, που συλλέγεται στο απόσταγμα. Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται για τον ογκομετρικό προσδιορισμό είναι τα εξής: Μικτό διάλυμα δείκτη, διάλυμα βορικού οξέος, διάλυμα θεικού οξέος 0,02 N.

Ο υπολογισμός συγκέντρωσης της αμμωνίας υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{mg NH}_3\text{-N / L} = [(A - B) \cdot N \cdot F \cdot 1000 / S]$$

όπου:

A και **B** = τα ml του διαλύματος H₂SO₄ 0,02 N που καταναλώθηκαν κατά την ογκομέτρηση του δείγματος και του τυφλού αντίστοιχα.

N = η κανονικότητα του H₂SO₄

F = το γραμμοισοδύναμο του αζώτου (14 mg)

S = τα ml του δείγματος που χρησιμοποιήθηκαν

1.4.2.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΖΩΤΟΥ

Η μέθοδος αυτή περιγράφει τον προσδιορισμό του ολικού αζώτου, κατά Kjeldahl, στα λύματα. Κατά τη διαδικασία αυτή μετράται η ελεύθερη αμμωνία και η αμμωνία που σχηματίζεται, κατά τη μετατροπή του αζώτου των βιολογικής, κυρίως, προέλευσης ενώσεων, όπως των αμινοξέων και πρωτεϊνών, σε αμμωνία. Ο τελικός προσδιορισμός της αμμωνίας γίνεται ογκομετρικά.

Η αρχή μεθόδου του προσδιορισμού είναι η εξής: Το δείγμα θερμαίνεται σε έντονα οξειδωτικό περιβάλλον θεικού οξέος και θεικού καλίου και παρουσία θεικού υδραργύρου, ως καταλύτη, για τη μετατροπή του αζώτου των αμινοξέων που περιέχονται σε πολλές οργανικές ύλες σε θεικό αμμώνιο. Η ελεύθερη αμμωνία και το

αμμωνιακό άζωτο, επίσης, δεσμεύονται σε θειικό αμμώνιο. Κατά τη διάρκεια της χώνευσης του δείγματος, σχηματίζεται και αμμωνιακός υδράργυρος που διαλυτοποιείται με την προσθήκη του θειοθειικού νατρίου. Η θέρμανση του δείγματος με το οξειδωτικό μίγμα, διαρκεί μέχρι να φανούν λευκοί ατμοί τριοξειδίου του θείου και το διάλυμα να γίνει διαυγές ως ανοικτό κίτρινο. Στη συνέχεια, με προσθήκη θειοθειικού νατρίου και υδροξειδίου του νατρίου, η ελεύθερη αμμωνία αποστάζεται σε αλκαλικό περιβάλλον και δεσμεύεται σε βορικό ή θειικό οξύ.

Αφού προηγηθεί η διαδικασία της χώνευσης, του ογκομετρικού προσδιορισμού της αμμωνίας ακολουθούν οι απαραίτητοι υπολογισμοί, έτσι ώστε να ανιχνευτεί η συγκέντρωση της αμμωνίας, οι οποίοι είναι οι εξής:

$$N_{ολ}, \text{ mg/l} = [(A - B)N * F * 1000 / S]$$

Όπου:

$N_{ολ}$ = ολικό άζωτο

A και B = τα ml του διαλύματος H_2SO_4 0,02 N που καταναλώθηκαν κατά την ογκομέτρηση του δείγματος και του τυφλού αντίστοιχα.

N = η κανονικότητα του H_2SO_4

F = το γραμμοισοδύναμο του αζώτου (14 mg)

S = τα ml του δείγματος που χρησιμοποιήθηκαν στη χώνευση

1.4.2.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ (T.S) ΚΑΙ ΠΗΤΗΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ (V.S) ΣΕ ΣΤΕΡΕΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ

Αρχικά σε προζυγισμένο φιαλίδιο (κάψα πορσελάνης) ζυγίζεται μια ποσότητα δείγματος (\approx 10 gr). Το δείγμα εξατμίζεται σε ατμόλουτρο και στη συνέχεια τοποθετείται για 2 ώρες στο φούρνο σε θερμοκρασία $180^{\circ}C$, ενώ τα στερεά τοποθετούνται κατευθείαν στο φούρνο χωρίς να περάσουν από τη διαδικασία του ατμόλουτρου. Τέλος, αφού το φιαλίδιο που περιέχει το δείγμα τοποθετηθεί για μικρό χρονικό διάστημα στον ξηραντήρα, ζυγίζεται.

Προκειμένου να μετρηθούν τα πτητικά στερεά (V.S.) του ίδιου δείγματος ακολουθεί η παρακάτω επεξεργασία.

Το φιαλίδιο με το δείγμα, τοποθετείται για 1 ώρα στο φούρνο σε θερμοκρασία $600^{\circ}C$. Αφού το φιαλίδιο με το δείγμα παραμείνει για λίγο στον ξηραντήρα, ζυγίζεται.

$$\text{Υπολογισμός T.S} = (T4 - T1) * 100 / (T2 - T1) (\% \text{ κ.β})$$

$$\text{Υπολογισμός V.S} = (T5 - T1) * 100 / (T2 - T1) (\% \text{ κ.β})$$

Όπου

T1 = απόβαρο

T2 = μεικτό βάρος

T4 = μεικτό βάρος μετά τους $110^{\circ}C$

T5 = μεικτό βάρος μετά τους $600^{\circ}C$

1.4.2.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΩΝ (ST) ΚΑΙ ΠΗΗΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ (SV) ΣΕ ΥΓΡΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ

Σε προζυγισμένο φιαλίδιο τοποθετούνται 40 ml δείγματος. Για τα δείγματα υψηλής πυκνότητας τοποθετούνται 6 ml σε προζυγισμένη κάψα πορσελάνης. Αρχικά τοποθετούνται στο ατμόλουτρο, όπου εξατμίζεται σχεδόν όλο το νερό του δείγματος. Έπειτα, το δείγμα τοποθετείται στο φούρνο για 2 ώρες σε θερμοκρασία 105 °C. Τέλος, το φιαλίδιο με το δείγμα αφού παραμείνει για λίγο στον ξηραντήρα, ζυγίζεται (S.T.).

Προκειμένου να μετρηθούν τα πτητικά στερεά του ίδιου δείγματος ακολουθεί η παρακάτω επεξεργασία :

Το φιαλίδιο με το δείγμα τοποθετείται για 1 ώρα στους 600 °C και αφού παραμείνει για λίγο στον ξηραντήρα, ζυγίζεται.

Παρατήρηση : Όταν πρόκειται να μετρηθούν τα πτητικά στερεά, πριν να ζυγιστεί το φιαλίδιο που θα χρησιμοποιηθεί, θα πρέπει να έχει παραμείνει για 2 ώρες σε θερμοκρασία 600 °C.

$$S.T = (T2 - T1) * 1000/V \text{ (gr/L)}$$

$$S.V = (T2 - T3) * 1000/V \text{ (gr/L)}$$

Όπου:

V = ml δείγματος

T1 = απόβαρο

T2 = μικτό βάρος μετά από τους 105 °C

T3 = μικτό βάρος μετά από τους 600 °C

1.4.2.5 ΜΕΤΡΗΣΗ COD

Ο προσδιορισμός του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου είναι η μέτρηση της ισοδύναμης ποσότητας οξυγόνου που απαιτείται για την οξειδωση με ισχυρά οξειδωτικά της οργανικής ύλης που περιέχεται σε δείγμα λυμάτων ή αποβλήτων. Είναι μια σημαντική και γρήγορη μέτρηση απαραίτητη για την εκτίμηση της ρύπανσης των φυσικών αποδεκτών, για έλεγχο και για σχεδιασμό συστημάτων βιολογικού καθαρισμού.

Καθημερινά πραγματοποιούνται μετρήσεις COD στα εξής δείγματα :

- Είσοδος εγκατάστασης
- Είσοδος Δεξαμενών Πρωτοβάθμιας Καθίζησης
- Έξοδος Δεξαμενών Πρωτοβάθμιας Καθίζησης
- Είσοδος στις Δεξαμενές Αερισμού
- Τελική Εκροή του Κέντρου
- Επιπλέον σε δείγματα επιστροφών από επιμέρους μονάδες της εγκατάστασης

Για τον προσδιορισμό του COD χρησιμοποιούνται ειδικά φιαλίδια που περιέχουν συγκεκριμένες ποσότητες $K_2Cr_2O_7$, Ag_2SO_4 και Hg_2SO_4 ως καταλύτη και τα οποία διατίθενται στο εμπόριο για διάφορες περιοχές μέτρησης του COD.

Σε κάθε φιαλίδιο προσθέτουμε 2 ml δείγματος και αφού πρώτα γίνει ανάμιξη, τα φιαλίδια τοποθετούνται για 2 ώρες σε ειδικό θερμοαντιδραστήρα που έχει σταθερή θερμοκρασία 140 °C. Μετά το πέρας των 2 ωρών τα φιαλίδια αφήνονται να φτάσουν

σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και στη συνέχεια σε ειδικό φωτόμετρο πραγματοποιείται απ' ευθείας μέτρηση του COD.

1.4.2.6 ΜΕΤΡΗΣΗ BOD₅

Ο προσδιορισμός της βιοχημικής απαίτησης οξυγόνου είναι η πιο συνηθισμένη μέθοδος που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της επίδρασης των λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων σε φυσικούς αποδέκτες (λίμνες, ποτάμια κ.λ.π.), το σχεδιασμό και τον έλεγχο απόδοσης συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων και αποβλήτων κ.λ.π.

Η μέτρηση του BOD αναπαράγει εργαστηριακά τη φυσική βιολογική διαδικασία οξείδωσης οργανικών ενώσεων που συμβαίνει στους φυσικούς αποδέκτες.

Βασίζεται στον άμεσο ή έμμεσο προσδιορισμό του οξυγόνου που καταναλώνεται από αερόβιους μικροοργανισμούς σε διάστημα 5 ημερών για έναν ορισμένο όγκο ακάθαρτων νερών και συμβολίζεται σαν BOD₅. Η μονάδα που χρησιμοποιείται για να εκφράσει το BOD είναι mg/L (ppm).

Για τον προσδιορισμό του BOD το pH των δειγμάτων πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 6,8 και 7,2, επομένως πρέπει να φροντίζουμε να γίνεται εξουδετέρωση τους με τη χρήση H₂SO₄ 0,1N & NaOH 0,1N.

Σε ειδικές φιάλες των 300 ml που κλείνονται αεροστεγώς, προσθέτουμε νερό αραίωσης μαζί με κάποια ποσότητα δείγματος ανάλογα με την αναμενόμενη τιμή BOD και μετράμε με οξυγονόμετρο την συγκέντρωση οξυγόνου σε mg/l. Στη συνέχεια τοποθετούμε τις φιάλες σε ειδικό σκοτεινό θάλαμο σταθερής θερμοκρασίας 20 °C. Οι φιάλες παραμένουν στο θάλαμο για 5 ημέρες και την 5^η ημέρα μετράμε πάλι σε κάθε φιάλη την συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου σε mg/l.

Ο υπολογισμός του BOD γίνεται με τον παρακάτω τύπο:

$$\text{BOD (mg/l)} = (\text{O1} - \text{O2}) / F$$

Όπου:

- **O1** : Η αρχική συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στην φιάλη (mg/l)
- **O2** : Η συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στην φιάλη την 5^η ημέρα (mg/l)
- **F**: Συντελεστής αραίωσης του δείγματος

ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΝΕΡΟ ΑΡΑΙΩΣΗΣ

- MgSO₄ 7H₂O
- CaCl₂ 2H₂O
- FeCl₃ 6H₂O
- Ρυθμιστικό διάλυμα
KH₂PO₄
K₂HPO₄ 3H₂O
NaPO₄ 7H₂O
NH₄Cl

1.4.2.7 ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ – ΠΤΗΤΙΚΑ ΟΞΕΑ

Αλκαλικότητα ενός δείγματος νερού ή απόβλητου είναι η απαιτούμενη ποσότητα ισχυρού οξέος που διαμορφώνει μια συγκεκριμένη τιμή PH. Σε επιφανειακά νερά, η αλκαλικότητα προέρχεται κυρίως από τα ανθρακικά και

δισανθρακικά ιόντα και τα υδροξυλιόντα. Σε απόβλητα η αλκαλικότητα μπορεί να οφείλεται και σε φωσφορικά, βορικά ή πυριτικά άλατα. Η παρουσία αφύσικα υψηλής αλκαλικότητας στα λύματα μπορεί να είναι ένδειξη απόρριψης αλκαλικών βιομηχανικών αποβλήτων. Επίσης ο προσδιορισμός της αλκαλικότητας στα διάφορα στάδια σ' ένα σταθμό επεξεργασίας λυμάτων ή αποβλήτων, είναι μια πρόσθετη βοήθεια για την καλύτερη κατανόηση και εξήγηση της διαδικασίας επεξεργασίας και στη διαχείριση των χωνευτών και της λάσπης.

Ο προσδιορισμός της αλκαλικότητας και των πτητικών οξέων είναι μια από τις βασικές αναλύσεις που πραγματοποιούνται για τον άμεσο έλεγχο της σωστής λειτουργίας των αναερόβιων χωνευτών. Η διαδικασία προσδιορισμού είναι η ακόλουθη :

Φυγοκέντρηση 25 ml υλός σε 3,500 rpm για 10 λεπτά. Συλλογή του υπερκείμενου υγρού σε ποτήρι ζέσεως 400 ml. Προσθήκη στο ίζημα 25 ml απεσταγμένου νερού και επανάληψη της φυγοκέντρησης σε 3,500 rpm για 10 λεπτά. Συλλογή του υπερκείμενου υγρού στο ποτήρι ζέσεως. Στη συνέχεια το ποτήρι ζέσεως τοποθετείται σε μαγνητική πλάκα ανάδευσης και με το pH - μετρο γίνεται μέτρηση του αρχικού pH.

Υπό ανάδευση προσθέτουμε με προχοίδα H₂SO₄ 0,1 N μέχρι η τιμή του pH να γίνει 4 και καταγράφουμε τον όγκο V του οξέος που καταναλώθηκε.

Η αλκαλικότητα εκφράζεται σε g/lit CaCO₃ και υπολογίζεται με τον παρακάτω τύπο :

$$ALK = (V * 0,1 * 1000 * 0,05) / 25 \text{ g/lit CaCO}_3$$

Στη συνέχεια το pH ρυθμίζεται στο 3,5 με την χρήση διαλύματος H₂SO₄ 0,1 N και αφού βράσει για 3 λεπτά ακριβώς, αφήνεται να φτάσει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στη συνέχεια το ποτήρι ζέσεως τοποθετείται σε μαγνητική πλάκα ανάδευσης και με αυτόματη προχοίδα προσθέτουμε NaOH 0,1 N μέχρι η τιμή του pH να γίνει 4. Ο όγκος που καταναλώνεται ορίζεται ως V2 . Συνεχίζεται η προσθήκη NaOH έως το pH να γίνει 7. Ο νέος αυτός όγκος ορίζεται ως V3.

Τα πτητικά οξέα εκφράζονται σε g/lit CH₃COOH και υπολογίζεται με τον παρακάτω τύπο :

$$V.A = [(V3 - V2) * 0,1 * 1000 * 0,06] / 25 \text{ g/lit CH}_3\text{COOH}.$$

1.4.2.8 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ (SST)

Ο υπολογισμός των αιωρούμενων στερεών γίνεται στα εξής υγρά δείγματα : **ΑΚΡΟΚΕΡΑΜΟΣ, PRIMARY IN, PRIMARY IN*, H₂O – PRESSE, PRIMARY OUT** και πραγματοποιείται διηθώντας ποσότητα λύματος μέσα από προζυγισμένους ηθμούς (T1) με την βοήθεια αντλίας κενού. Στη συνέχεια βάζουμε τους ηθμούς στο φούρνο για 1 ώρα και μετά ζυγίζουμε τον ηθμό (T2) και υπολογίζουμε τα αιωρούμενα στερεά.

$$SST = (T2 - T1) * 1000 / \text{δείγματος}.$$

Η ποσότητα δείγματος που θα διηθήσουμε δεν είναι συγκεκριμένη και κρίνεται κάθε φορά ανάλογα με το αναμενόμενο ρυπαντικό φορτίο.

1.4.2.9 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΥΘΜΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ ΚΑΙ ΔΕΙΚΤΗΣ ΙΖΗΜΑΤΟΣ (SVI)

Ρυθμοί κατανάλωσης οξυγόνου

Ο έλεγχος των συστημάτων βιολογικού καθαρισμού γίνεται με σειρά εργαστηριακών προσδιορισμών και επιτόπου μετρήσεων. Οι προσδιορισμοί αυτοί γίνονται κάθε ημέρα ή ανά τακτά χρονικά διαστήματα, προκειμένου να καθοριστούν τα ειδικά χαρακτηριστικά κάθε μονάδας βιολογικού καθαρισμού και να γίνουν οι απαιτούμενες ρυθμίσεις.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι τα συστήματα βιολογικού καθαρισμού υπόκεινται σε ημερήσιες και εποχιακές διακυμάνσεις του μικροβιακού τους πληθυσμού, εξαιτίας των αυξομειώσεων του οργανικού φορτίου και των εποχιακών αλλαγών στη μικροβιακή σύνθεση.

Με τον προσδιορισμό αυτό είναι δυνατόν α) να ελεγχθεί ο ρυθμός κατανάλωσης του οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού, β) να ελεγχθεί η τοξικότητα ορισμένων αποβλήτων και γ) να καθοριστούν οι απαιτήσεις οξυγόνου στα συστήματα βιολογικού καθαρισμού.

Διαδικασία μέτρησης

A. Γεμίζεται η φιάλη της συσκευής μέτρησης του BOD, με ποσότητα δείγματος του αερισμένου μείγματος. Η μέτρηση θα πραγματοποιηθεί με οξυγονόμετρο.

B. Βυθίζουμε το ηλεκτρόδιο στη φιάλη, έτσι ώστε να τη σφραγίσει. Στη συνέχεια τίθεται σε λειτουργία ένας μαγνητικός αναδευτήρας.

Γ. Μετά την πλήρη ανάμιξη του δείγματος με το μαγνητικό αναδευτήρα, τίθεται σε λειτουργία το χρονόμετρο και καταγράφεται η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου. Συνεχίζεται η καταγραφή των ενδείξεων ανά 1 min, για ένα χρονικό διάστημα 15 min περίπου.

Υπολογισμοί

Τα ζεύγη των τιμών μεταφέρονται σε καρτεσιανές συντεταγμένες και φέρεται η καμπύλη που αντιστοιχεί στις τιμές συγκέντρωσης του οξυγόνου ως προς το χρόνο και προσδιορίζουμε την κλίση της ευθείας. Η κλίση της ευθείας εκφράζει το ρυθμό απορρόφησης οξυγόνου του αερισμένου δείγματος σε mg/L O₂/min. Για να ανάγουμε το ρυθμό κατανάλωσης οξυγόνου σε mg/g/hr, γίνονται οι εξής υπολογισμοί :

$$\text{Ρυθμός κατανάλωσης οξυγόνου} = (A * 60 \text{ min/hr}) / B$$

όπου: A = ο ρυθμός απορρόφησης οξυγόνου, σε mg/L/min

B = το εξαμιζόμενο μέρος των αιωρούμενων στερεών, σε g/L

Δείκτης ιζήματος (S.V.I)

Ο "δείκτης ιζήματος" είναι η παράμετρος που μας επιτρέπει να εκφράσουμε την πυκνότητα της βιομάζας σε έναν βιολογικό αντιδραστήρα και να εκτιμήσουμε την καθιζησιμότητα της.

Η διαδικασία της μέτρησης συνίσταται στην πλήρωση ενός ογκομετρικού κυλίνδρου, το οποίο συλλέγεται από την έξοδο της δεξαμενής αερισμού. Το δείγμα αφήνεται σε ηρεμία για 30 και καταγράφεται ο όγκος του ιζήματος (V) σε mL/L. Ο υπολογισμός του προκύπτει από την εξίσωση:

$$S.V.I \text{ (ml/g)} = (V * 1.000) / MLSS$$

S.V.I = ο δείκτης ιζήματος

V = ο όγκος των καθιζανόντων στερεών σε 30 min, σε mL/L

MLSS = Η ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΤΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΤΟΥ ΔΙΦΑΣΙΚΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ, ΣΕ MG/L.

ΕΝΟΤΗΤΑ 2 – ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΨΥΤΤΑΛΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΣΑΡΩΝΙΚΟ ΚΟΛΠΟ.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Επειδή ο Σαρωνικός κόλπος δέχεται μεγάλο όγκο οικιακών και βιομηχανικών αποβλήτων Αθήνας και Πειραιά, η πολιτεία επανειλημμένα ανέθεσε τη μελέτη του περιβάλλοντος του Σαρωνικού κόλπου σε Ερευνητικά Κέντρα, Πανεπιστήμια και ιδιωτικούς φορείς. Μετά την έναρξη λειτουργίας του κέντρου επεξεργασίας λυμάτων στην Ψυττάλεια (1994) ανατέθηκε στο ΕΛΚΕΘΕ η παρακολούθηση του οικοσυστήματος του Σαρωνικού κατά το 1998-99. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής έδειξαν ότι σημειώθηκαν αλλαγές σε μερικά χαρακτηριστικά του οικοσυστήματος, σε άλλα βελτιώσεις (ζωοβενθικές βιοκοινωνίες κόλπου Ελευσίνας και όρμου Κερατσινίου, φυτοβενθικές βιοκοινωνίες Εσωτερικού Σαρωνικού) και σε άλλα υποβάθμιση (ζωοβενθικές βιοκοινωνίες ευρισκόμενες σε βάθη μεγαλύτερα των 70m κατά μήκος των ακτών της Αττικής, μείωση του διαλυμένου οξυγόνου και αύξηση των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων στο βαθύ στρώμα της Δυτικής λεκάνης). Ύστερα από τα αποτελέσματα αυτά κρίθηκε σκόπιμη η συνέχιση της παρακολούθησης του οικοσυστήματος του Σαρωνικού κόλπου και η διερεύνηση των αλλαγών ή μη που υφίσταται κυρίως λόγω των επιδράσεων από τον αγωγό της Ψυττάλειας αλλά και λόγω φυσικών αλλαγών (π.χ. κλιματικές αλλαγές). Ως εκ τούτου πραγματοποιήθηκε η παρακολούθηση και εξέλιξη του Σαρωνικού κόλπου κατά τη διάρκεια των ετών 2000-2004.

Για την πραγματοποίηση μετρήσεων και τη συλλογή δειγμάτων στην υδάτινη στήλη πραγματοποιήθηκαν 12 ωκεανογραφικά ταξίδια. Για τη μηνιαία παρακολούθηση της υδάτινης στήλης οι δειγματοληψίες έγιναν σε 13 σταθμούς (S1, S2, S3, S7, S8, S11, S13, S16, S18, S37, S38, S39, S43) κατά τη διάρκεια όλων των ωκεανογραφικών ταξιδιών (Εικόνα Α). Στο σταθμό S6 έγιναν δειγματοληψίες κατά τον Ιούνιο, Αύγουστο, Οκτώβριο 2003 και Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο και Μάιο 2004. Τον Ιούνιο και τον Αύγουστο 2003 καθώς και τον Ιανουάριο και Μάρτιο 2004, οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν σε 23 επιπλέον σταθμούς που μαζί με τους παραπάνω 14 σταθμούς συγκροτούσαν ένα εκτεταμένο πλέγμα 37 σταθμών για τις φυσικές, χημικές παραμέτρους και τη χλωροφύλλη (Εικόνα Β). Σε αυτό το πυκνό πλέγμα σταθμών είχαν πραγματοποιηθεί δειγματοληψίες και κατά το πρώτο έτος εργασιών με σκοπό να δοθεί μια ευκρινής και λεπτομερής εικόνα για την διασπορά των λυμάτων στον Εσωτερικό Σαρωνικό καθώς και την επίδραση αυτής της διάχυσης στα χαρακτηριστικά του οικοσυστήματος (τροφική κατάσταση, επιβάρυνση σε οργανικό υλικό και θολερότητα). Στο πλέγμα σταθμών του πρώτου έτους έγινε μια μικρή αλλαγή με την πρόσθεση δύο σταθμών κοντά στις ακτές της Αττικής για την καλύτερη κάλυψη της περιοχής.

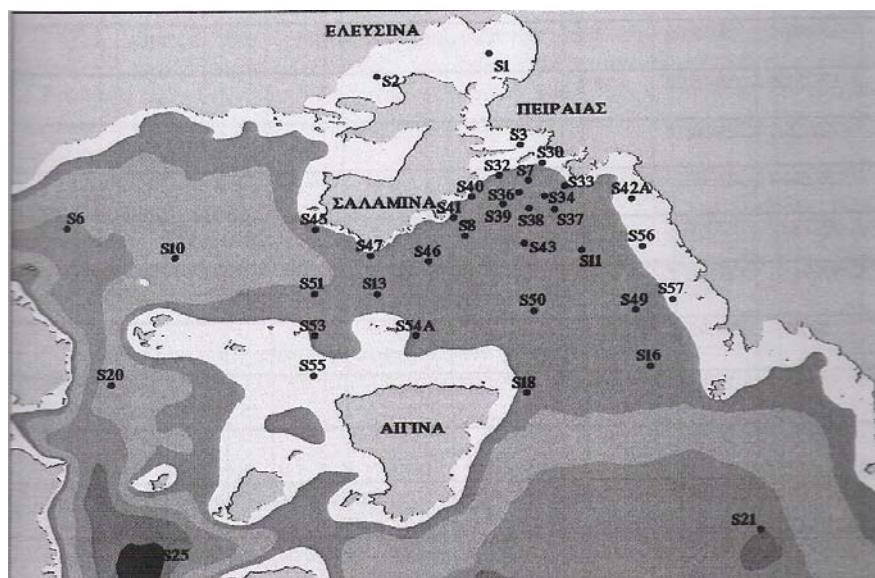
Στη διάρκεια των ίδιων ωκεανογραφικών ταξιδιών (Ιούνιος και Αύγουστος 2003, Ιανουάριος και Μάρτιος 2004) έγιναν μετρήσεις των ρευμάτων με ADCP σε ένα πλέγμα 26 σταθμών στον Εσωτερικό Σαρωνικό (Εικόνα Γ), ίδιο με αυτό που έγιναν μετρήσεις και κατά το πρώτο έτος εργασιών με την προσθήκη των σταθμών κατά το μήκος των ακτών της Αττικής.

Οι μετρήσεις των φυσικών παραμέτρων (θερμοκρασίας, αλατότητας, θολερότητας) έγιναν επί τόπου με CTD. Οι απευθείας μετρήσεις ρευμάτων έγιναν με ADCP (Acoustic Doppler Current Profile).

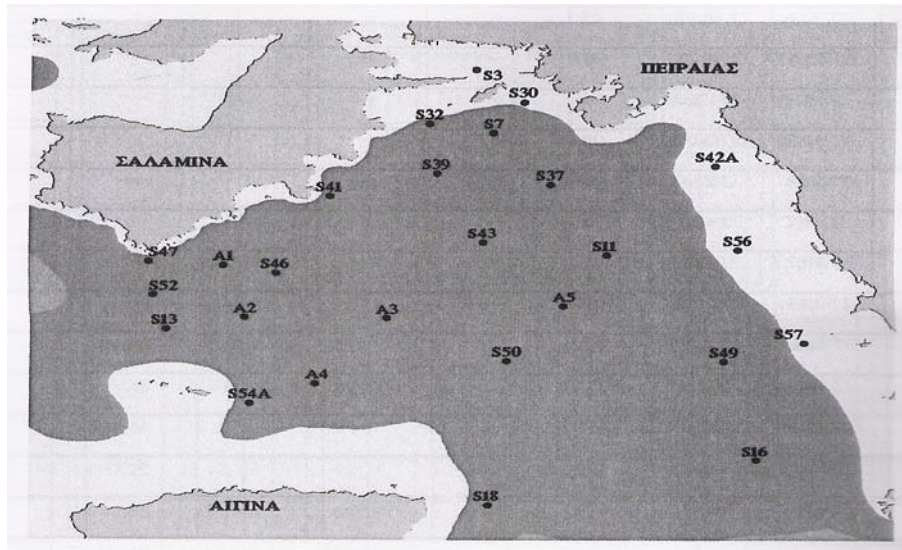
Για τον προσδιορισμό των χημικών παραμέτρων (διαλυμένο οξυγόνο, θρεπτικά άλατα, σωματιδιακός – POC-, και διαλυτός άνθρακας- DOC-, σωματιδιακό άζωτο PN) και της ποσοτικής και ποιοτικής ανάλυσης του φυτοπλαγκτού και μικροζωοπλαγκτού συλλέχθηκαν δείγματα νερού με δειγματολήπτες NISKIN στα πρότυπα βάθη : 2, 10, 20, 50, 75, 100, 200, 300, 400 μέτρα. Επίσης έγινε δειγματοληψία νερού για τις μετρήσεις των χημικών παραμέτρων και στο βάθος ανίχνευσης του πεδίου των λυμάτων με βάση το διάγραμμα κατανομής της αλατότητας, θολερότητας και διαλυμένου οξυγόνου.



Εικόνα 2.1: Σταθμοί μηνιαίων δειγματοληψιών [2]



Εικόνα 2.2: Σταθμοί δειγματοληψίας τον Ιούνιο, Αύγουστο 2003, Ιανουάριο και Φεβρουάριο 2004. [2]



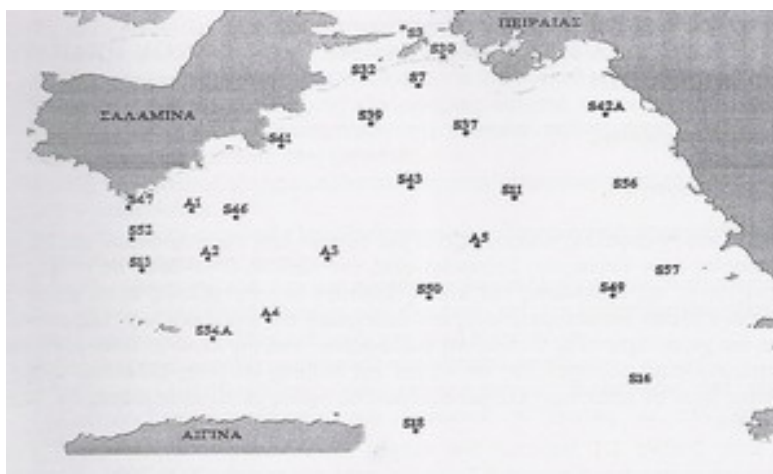
Εικόνα 2.3: Σταθμοί μετρήσεων ρευμάτων [2]

2.1 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ – ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΛΥΜΑΤΩΝ

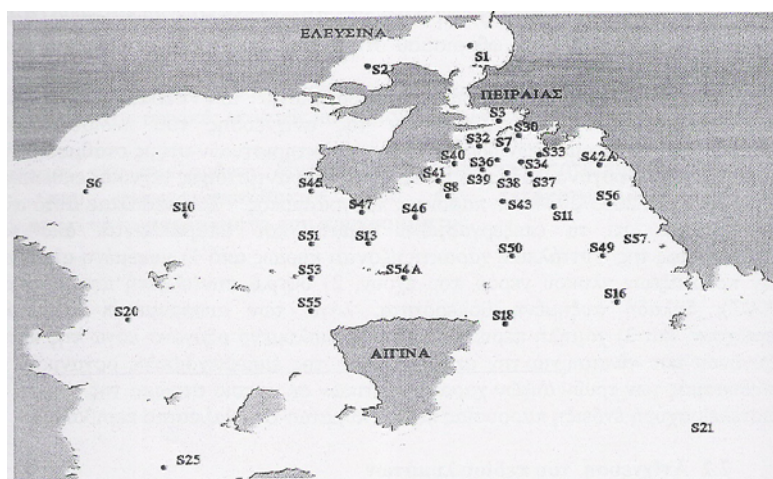
Από τις αρχές της δεκαετίας του 1970, όταν άρχισαν οι πρώτες θαλάσσιες περιβαλλοντικές μελέτες στο Σαρωνικό Κόλπο και τέθηκε το θέμα της κυκλοφορίας, είχε υποστηριχθεί ότι η κυκλοφορία του Σαρωνικού Κόλπου καθορίζεται επί το πλείστον από τον άνεμο. Στους οκτώ πλόες όπου καταγράφηκε η κυκλοφορία στα πλαίσια του συγκεκριμένου προγράμματος, παρατηρήθηκε η κυκλοφορία υπό την επίδραση ανέμων διαφόρων διευθύνσεων, με πλέον συχνή τη βόρεια διεύθυνση. Κατ' αυτόν τον τρόπο καλύφθηκαν οι περιπτώσεις των Βορείων, Βορειοανατολικών, Βορειοδυτικών, Δυτικών και Νοτιοδυτικών ανέμων, ωστόσο δεν έτυχε σε κανένα από τους πλόες να καταγραφεί η κυκλοφορία υπό την επίδραση Νοτίων, Νοτιοανατολικών και Ανατολικών ανέμων. Η κυκλοφορία στον Εσωτερικό Σαρωνικό στις περισσότερες από τις παρατηρήσεις που καταγράφηκαν ήταν κυκλωνική οφειλόμενη σε Βόρειους ή Βορειοανατολικούς ή Βόρειους – Βορειοδυτικούς ανέμους. Αντικυκλωνικοί σχηματισμοί εμφανίστηκαν, είτε δυτικά είτε ανατολικά, όταν ο άνεμος στρεφόταν από καθαρά Βορειοδυτική κατεύθυνση και έως Νοτιοδυτική (χωρίς να υπάρχουν παρατηρήσεις με Νότιους ανέμους). Συνήθως οι αντικυκλωνικοί σχηματισμοί συνυπήρχαν με μικρότερης έντασης κυκλώνες, εκτός από την περίπτωση των Νοτιοδυτικών ανέμων όπου ο αντικυκλώνας έτεινε να καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του πεδίου ροής. Ο ρόλος των συνθηκών στρωμάτωσης (πυκνοκλινές/ομογενοποίηση ή καλοκαίρι/χειμώνας), καθόριζε την εξάρτηση της κυκλοφορίας με το βάθος. Σε συνθήκες ισχυρής στρωμάτωσης (για παράδειγμα Αύγουστος και με μελτέμια) στα βαθύτερα στρώματα κάτω από το πυκνοκλινές εμφανίστηκε μια τάση αντιστροφής της επιφανειακής κυκλωνικής κυκλοφορίας ενώ σε περιόδους ομογενοποίησης δεν υπήρχαν σημαντικές αλλαγές στις δομές της κυκλοφορίας με το βάθος.

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται μια σύνοψη των παρατηρήσεων της θαλάσσιας κυκλοφορίας στον Εσωτερικό Σαρωνικό κατά την περίοδο 2000-2004 σε συνδυασμό με την ανίχνευση της εξάπλωσης του πεδίου λυμάτων της Ψυττάλειας στους αντίστοιχους πλόες όπου έγιναν ρευματομετρήσεις και καταγραφή της κυκλοφορίας. Στην εικόνα 1.1 φαίνεται ένα πλέγμα 26 συνολικά σταθμών όπου έγιναν οι ρευματομετρήσεις στον Εσωτερικό Σαρωνικό κατά την περίοδο 2000- 2004.

Η καταγραφή της κυκλοφορίας με βάση το πλέγμα αυτό έγινε 8 συνολικά φορές : Μάιο 2000, Αύγουστο 2000, Δεκέμβριο 2000, Μάρτιο 2001, Ιούνιο 2003, αρχές Σεπτεμβρίου 2003 (θεωρούμενη ως δειγματοληψία Αυγούστου), Ιανουάριο 2004 και Μάρτιο 2004. Στα ταξίδια αυτά έγινε και υδρογραφία (ηλεκτρονική καταγραφή της θερμοκρασίας, αλατότητας, θολερότητας, διαλυμένου οξυγόνου και φθορισμού στη στήλη του νερού) στο πλέγμα που φαίνεται στην εικόνα 1.2. στο κεφάλαιο αυτό αναφέρεται σε συντομία ότι τα επεξεργασμένα λύματα που αποβάλλονται από το Κέντρο επεξεργασίας της Ψυττάλειας χαρακτηρίζονται κυρίως από 1) μειωμένη αλατότητα, λόγω των προσμίξεων γλυκού νερού που έχουν, 2) υψηλό συντελεστή απορρόφησης φωτός δηλαδή αυξημένη θολερότητα, λόγω των αιωρούμενων σωματιδίων που περιέχουν, και 3) χαμηλή περιεκτικότητα σε διαλυμένο οξυγόνο λόγω της κατανάλωσης οξυγόνου που γίνεται για την αποικοδόμηση της εμπιερχόμενης οργανικής ύλης. Ο συνδυασμός των τριών αυτών χαρακτηριστικών σε κάποιο στρώμα της στήλης του νερού αποτελεί ισχυρή ένδειξη παρουσίας πεδίου λυμάτων στο θαλάσσιο περιβάλλον.



Εικόνα 2.4: Σταθμοί ρευματομετρήσεων με ADCP [2]



Εικόνα 2.5: Σταθμοί υδρολογικών μετρήσεων στον Εσωτερικό Σαρωνικό στους πλόες καταγραφής της κυκλοφορίας [2]

Πρώτος στόχος του προγράμματος ήταν η παρακολούθηση της εξέλιξης του οικοσυστήματος του Σαρωνικού κόλπου από το 2000 έως το 2004, κάτω από την επίδραση των λυμάτων που εκβάλλονται από τον αγωγό της Ψυττάλειας.

Τα λύματα του κέντρου επεξεργασίας της Ψυττάλειας εκβάλλονται νότια από τη Ψυττάλεια, από δύο διαχυτήρες σε βάθος περίπου 65 μέτρων. Τα λύματα περιέχοντας προσμίξεις γλυκού νερού έχουν πάντοτε μικρότερη πυκνότητα από το θαλάσσιο νερό στη συγκεκριμένη θέση και βάθος εκβολής και συνεπώς έχουν την τάση να ανέλθουν προς την επιφάνεια. Ο συγκεκριμένος σχεδιασμός εκβολής λυμάτων έχει ως αποτέλεσμα κατά τη μεν περίοδο στρωμάτωσης (Ιούνιος – Νοέμβριος) το πεδίο λυμάτων να εγκλωβίζεται από το πυκνοκλινές, κατά τη δε περίοδο ομογενοποίησης ή ασθενούς στρωμάτωσης (Δεκέμβριος – Μάιος) το πεδίο λυμάτων να ανέρχεται στο επιφανειακό στρώμα. Η μετέπειτα εξάπλωση του πεδίου καθορίζεται από την επικρατούσα κυκλοφορία στο στρώμα όπου βρίσκεται αυτό. Κατά συνέπεια στους γειτονικούς σταθμούς της Ψυττάλειας και σε συγκεκριμένο στρώμα της στήλης του νερού ανάλογα με την εποχή, γινόταν η ανίχνευση του πεδίου των λυμάτων με βάση την αλατότητα, τη θολερότητα και το διαλυμένο οξυγόνο. Οι χαρακτηριστικές αυτές αλλαγές στην αλατότητα, θολερότητα και οξυγόνο που ήταν ενδείξεις παρουσίας λυμάτων, εξασθενούσαν δραστικά αυξανόμενης της απόστασης από την Ψυττάλεια.

Καταρχήν η εκάστοτε θέση του πεδίου λυμάτων στην υδάτινη στήλη αμέσως μετά την έξοδο τους από τον αγωγό και γενικά επιβεβαιώθηκε η αναμενόμενη από τους κατασκευαστές θέση του πεδίου κάτω από θερμο-πυκνοκλινές κατά την περίοδο στρωμάτωσης (συνήθως από το Μάιο έως το Νοέμβριο, σπάνια ως το Δεκέμβριο) και στο επιφανειακό στρώμα τους υπόλοιπους μήνες. Με βάση το σήμα του πεδίου λυμάτων (που χαρακτηρίζεται από χαμηλή αλατότητα, χαμηλή συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου και αυξημένη θολερότητα) παρατηρήθηκε σε κάθε δειγματοληψία η εξάπλωση του πεδίου στον Εσωτερικό Σαρωνικό κόλπο. Διαπιστώθηκε ότι στο 65% των πλόων τα λύματα εξαπλώνονται προς τα νοτιοδυτικά, κατά μήκος των ακτών της Σαλαμίνας. Μερικές φορές μάλιστα διαπιστώθηκε ότι τα λύματα είχαν προσεγγίσει πολύ κοντά στην ακτή της Σαλαμίνας και εξαπλώνονταν κατά μήκος της ακτής. Σε μια μόνο περίπτωση βρέθηκαν ίχνη του πεδίου λυμάτων έξω από τον Εσωτερικό Σαρωνικό, κοντά στις δυτικές ακτές της Σαλαμίνας. Αυτό το πρότυπο εξάπλωσης καθορίζεται από την κυκλοφορία και όπως βρέθηκε από τις μετρήσεις των ρευμάτων, η επικρατούσα κυκλοφορία νοτίως της Ψυττάλειας είναι κυκλωνική, δηλαδή με κατεύθυνση νοτιοδυτικά της Ψυττάλειας, υπό την επιρροή βορείων ή βορειοανατολικών ανέμων. Μόνο στο 20% των πλόων παρατηρήθηκε νοτιοανατολική εξάπλωση των λυμάτων, λόγω της επικράτησης αντικυκλωνικής κυκλοφορίας με την επιρροή βορειοδυτικών ή νοτιοδυτικών ανέμων. Στο 5% των περιπτώσεων μετά από αρχική μικρή δυτική ή ανατολική εξάπλωση η κυκλοφορία μεταφέρει το πεδίο λυμάτων νότια, προς το κεντρικό τμήμα του Εσωτερικού Σαρωνικού, ενώ μόνο στο 10% των πλόων η εικόνα εξάπλωσης ήταν ασαφής (κυρίως την περίοδο Ιούνιο 2002 έως Μάιο 2003).

Αυτό που παρατηρήθηκε ήταν μια χαρακτηριστική περίπτωση εξάπλωσης του πεδίου λυμάτων προς τα νοτιοανατολικά κατά μήκος των ακτών της Αττικής. Το πεδίο λυμάτων είναι εγκλωβισμένο στο πυκνοκλινές ανάμεσα στα βάθη 35 έως 55 μ. και από την περιοχή της Ψυττάλειας μεταφέρεται ανατολικά και νοτιοανατολικά από την αντικυκλωνική κυκλοφορία που επικρατεί στο ανατολικό τμήμα του Εσωτερικού Σαρωνικού. Η καταγραφή αντιστοιχεί στον πλόα του Ιουνίου 2003 και οι επικρατούντες άνεμοι ήταν βορειοδυτικοί. Υπήρξαν ακόμα περιπτώσεις όπου το λύμα

μεταφερόμενο δυτικά – νοτιοδυτικά είτε είχε ανιχνευτεί πέρα από τη δίοδο Σαλαμίνας Αίγινας στο σταθμό της Δυτικής λεκάνης S9 που είναι ανοιχτά από τη δυτική ακτή της Σαλαμίνας, είτε επαναστρέφονταν νότια από το κεντρικό τμήμα του Εσωτερικού Σαρωνικού. Επίσης, τον Ιούλιο του 2003 το πεδίο λυμάτων ανιχνεύτηκε στο σταθμό S18, βορειοανατολικά της Αίγινας μέσα στο πυκνοκλινές σε βάθος 50 μ. το πιθανότερο είναι ότι αρχικά μεταφέρθηκε δυτικά – νοτιοδυτικά και κατόπιν νότια – νοτιοανατολικά.

Είναι αξιοσημείωτο ότι η αποτύπωση της κυκλοφορίας στο παρόν πρόγραμμα επέτρεψε τη διαπίστωση ύπαρξης μικρών στροβίλων νότια της Ψυττάλειας υπό την επίδραση των οποίων ενώ τα λύματα εξαπλώνονταν αρχικά νοτιοδυτικά, μάζες νερού με ποσότητα λυμάτων στρέφονταν προς το εσωτερικό του κόλπου και επηρέαζαν το κεντρικό, ίσως και το ανατολικό τμήμα του κόλπου. [2]

2.2 ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

2.2.1 ΔΙΑΛΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ ΚΑΙ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΑΛΑΤΑ

Η εξάπλωση των λυμάτων από την επικρατούσα κυκλοφορία ήταν καθοριστική για την οριζόντια και κατακόρυφη κατανομή των θρεπτικών, του διαλυμένου οξυγόνου και του σωματιδιακού οργανικού άνθρακα στον Εσωτερικό Σαρωνικό. Στα πλαίσια του προγράμματος "Παρακολούθηση του οικοσυστήματος του Σαρωνικού κόλπου υπό την επίδραση της εκβολής των λυμάτων του αγωγού της Ψυττάλειας", καταγράφηκαν οι συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου και των θρεπτικών αλάτων στον Εσωτερικό και Εξωτερικό Σαρωνικό κόλπο και τον κόλπο της Ελευσίνας σε μηνιαία βάση, για τέσσερα έτη (2000 – 2004). Επίσης έγινε συστηματική μελέτη της επίδρασης του πεδίου των λυμάτων στις κατανομές του οξυγόνου και των θρεπτικών αλάτων, καθώς και του τρόπου με τον οποίο αυτό εξαπλώνεται από τον αγωγό της Ψυττάλειας στον Εσωτερικό Σαρωνικό κόλπο και καταγράφηκαν οι χρονικές και χωρικές διαφοροποιήσεις του διαλυμένου οξυγόνου και των θρεπτικών αλάτων. Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν τα πιο σημαντικά ευρήματα που αφορούν το διαλυμένο οξυγόνο και τα θρεπτικά άλατα στον Εσωτερικό και Εξωτερικό Σαρωνικό κόλπο καθώς και τον κόλπο της Ελευσίνας για τα τέσσερα έτη δειγματοληψίας. Οι σταθμοί δειγματοληψίας παρουσιάζονται στην εικόνα 2.1.1.

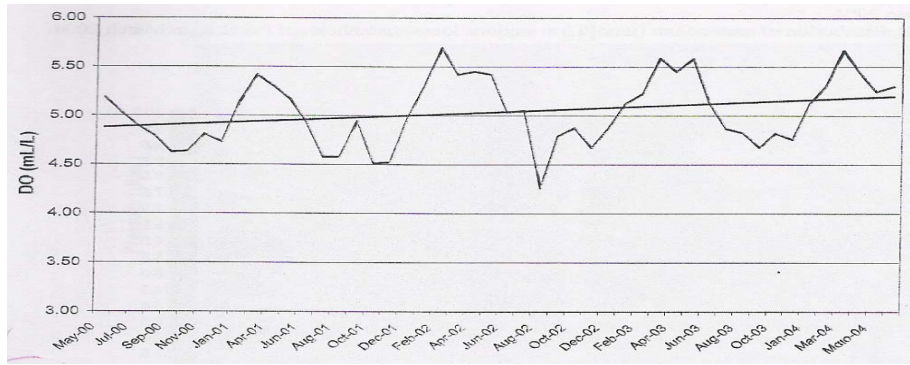


Εικόνα 2.6: Σταθμοί δειγματοληψίας για τον προσδιορισμό θρεπτικών αλάτων στον Σαρωνικό κόλπο. [2]

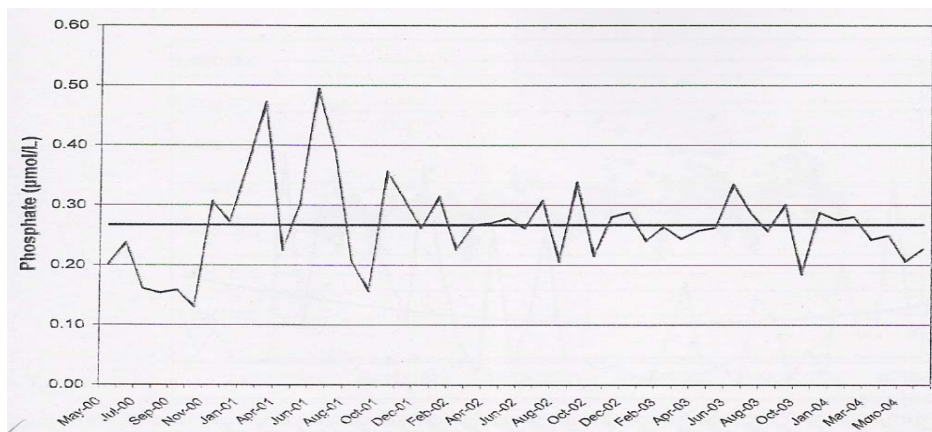
Το πεδίο λυμάτων ανιχνεύεται από τις σχετικά χαμηλότερες τιμές οξυγόνου και τις υψηλότερες τιμές θρεπτικών αλάτων οι οποίες είναι το αποτέλεσμα της αποικοδόμησης της μεγάλης ποσότητας οργανικής ύλης η οποία υπάρχει στα λύματα. Το πεδίο των λυμάτων το οποίο προέρχεται από τον πρωτοβάθμιο βιολογικό καθαρισμό στην Ψυττάλεια, είναι σημαντική πηγή εμπλουτισμού του οικοσυστήματος σε θρεπτικά άλατα, είτε απ' ευθείας (εμπλουτισμός κυρίως σε αμμωνιακά, νιτρώδη και φωσφορικά άλατα) είτε ως αποτέλεσμα της αποικοδόμησης του οργανικού υλικού το οποίο υπάρχει στα λύματα (αύξηση συγκεντρώσεων νιτρικών, πυριτικών αλάτων και μείωση συγκεντρώσεων διαλυμένου οξυγόνου). Η θέση του πεδίου λυμάτων (βάθος) διαφοροποιήθηκε στη διάρκεια των τεσσάρων ετών. Ανάλογα με το αν η υδάτινη στήλη είναι ομογενοποιημένη (Δεκέμβριος – Απρίλιος) ή αν επικρατεί το παροδικό πυκνοκλινές (Μάιος – Νοέμβριος) στον Εσωτερικό Σαρωνικό κόλπο, το χημικό σήμα του πεδίου του λύματος ανιχνεύεται σε διαφορετική θέση, δηλαδή είτε εγκλωβισμένο μέσα στο πυκνοκλινές, είτε στην επιφάνεια, όταν η υδάτινη στήλη είναι πλήρως ομογενοποιημένη.

Με βάση τα δεδομένα διαλυμένου οξυγόνου και θρεπτικών αλάτων, είναι χαρακτηριστικό ότι στις 25 από τις 48 δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν κατά την περίοδο Μαΐου 2000 – Ιουνίου 2004, η κατεύθυνση εξάπλωσης του πεδίου λυμάτων ήταν προς τα νοτιοδυτικά της Ψυττάλειας, ενώ στις 12 δειγματοληψίες η κατεύθυνση ήταν προς τα νοτιοανατολικά της Ψυττάλειας. Στις υπόλοιπες δειγματοληψίες το πεδίο του λύματος είτε έδειξε να διαχέεται τόσο προς τα νοτιοδυτικά όσο και προς τα νοτιοανατολικά της Ψυττάλειας, είτε ήταν περιορισμένο πολύ κοντά στην Ψυττάλεια ή δεν ήταν εμφανής η κατεύθυνση εξάπλωσής του στον Εσωτερικό Σαρωνικό κόλπο. Η εξάπλωση του πεδίου του λύματος στον Εσωτερικό κόλπο καθορίζεται από την επικρατούσα κυκλοφορία. Βέβαια, η συμπεριφορά του διαλυμένου οξυγόνου και των θρεπτικών αλάτων είναι πολύπλοκη και οι κατανομές τους καθορίζονται από άλλους παράγοντες όπως η βιολογική δραστηριότητα στο οικοσύστημα, η ρύπανση και άλλα.

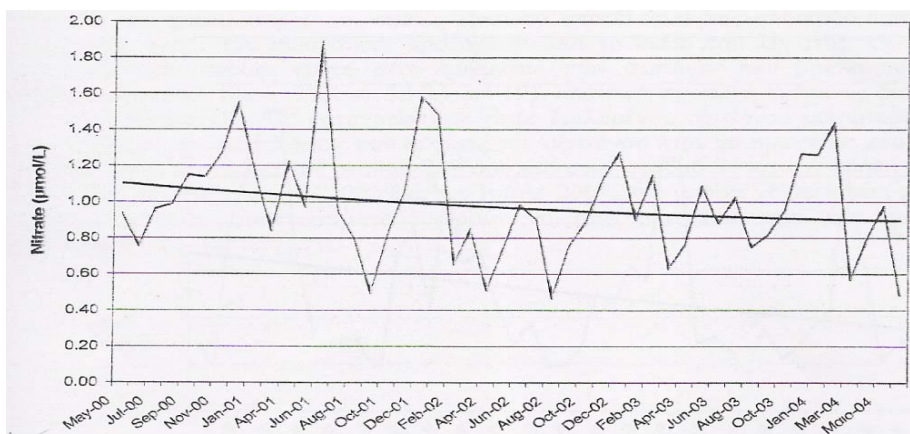
Οι διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων του διαλυμένου οξυγόνου και των θρεπτικών αλάτων σε όλη την υδάτινη στήλη στη διάρκεια των τεσσάρων ετών παρουσιάζονται στις Εικόνες 2.1.3– 2.1.8. Χαρακτηριστική είναι η περιοδικότητα που παρατηρείται στις συγκεντρώσεις του οξυγόνου (Εικόνα 2.1.3), οι οποίες φαίνεται να ακολουθούν εποχικό κύκλο με αυξημένες τιμές κυρίως τη χειμερινή και εαρινή περίοδο, γεγονός που συνδέεται με την αυξημένη βιολογική δραστηριότητα (φωτοσύνθεση κατά την οποία παράγεται οξυγόνο) και την πλήρη ανάμιξη της υδάτινης στήλης. Από τον Μάιο και μετά οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου μειώνονται σταδιακά και οι χαμηλότερες τιμές διαλυμένου οξυγόνου στην υδάτινη στήλη του Σαρωνικού κόλπου καταγράφονται την θερινή περίοδο. Θετικό είναι το γεγονός ότι οι μέσες τιμές του οξυγόνου στον Εσωτερικό Σαρωνικό παρουσίασαν αυξητική τάση από το 2000 έως σήμερα.



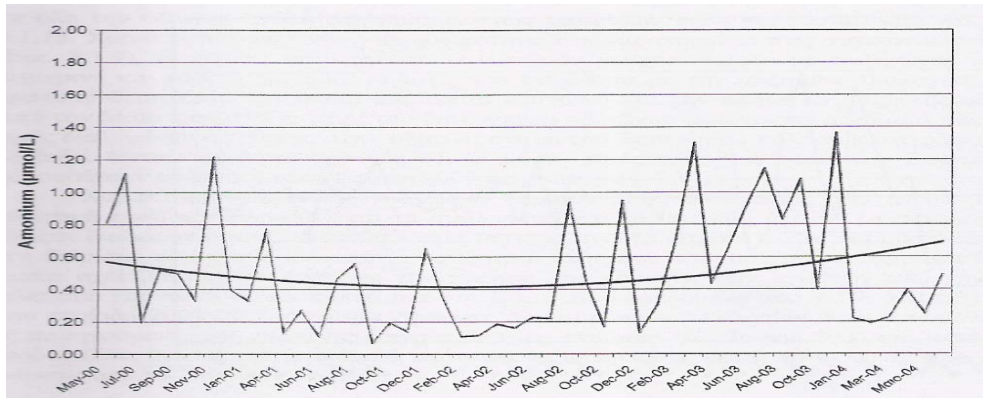
Εικόνα 2.7: Χρονική διακύμανση των μέσων ολοκληρωμένων συγκεντρώσεων διαλυμένου οξυγόνου σε όλους τους σταθμούς του Εσωτερικού Σαρωνικού κόλπου για την περίοδο Μαΐου 2000 – Ιουνίου 2004. [2]



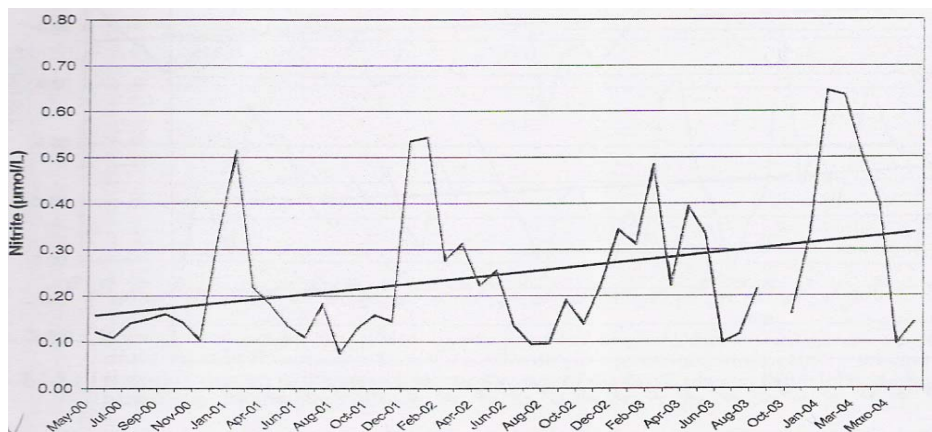
Εικόνα 2.8: Χρονική διακύμανση των μέσων ολοκληρωμένων συγκεντρώσεων φωσφορικών αλάτων σε όλους τους σταθμούς του Εσωτερικού Σαρωνικού κόλπου για την περίοδο Μαΐου 2000 – Ιουνίου 2004. [2]



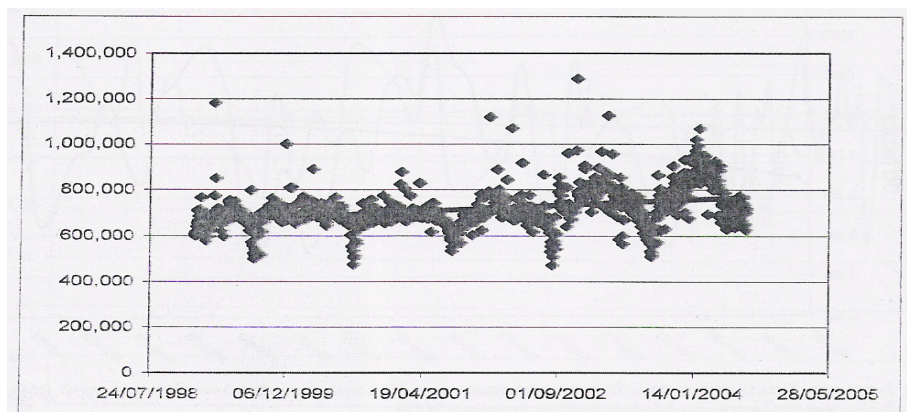
Εικόνα 2.9: Χρονική διακύμανση των μέσων ολοκληρωμένων συγκεντρώσεων νιτρικών αλάτων σε όλους τους σταθμούς του Εσωτερικού Σαρωνικού κόλπου για την περίοδο Μαΐου 2000 – Ιουνίου 2004. [2]



Εικόνα 2.10: Χρονική διακύμανση των μέσων ολοκληρωμένων συγκεντρώσεων αμμωνιακών αλάτων σε όλους τους σταθμούς του Εσωτερικού Σαρωνικού κόλπου για την περίοδο Μαΐου 2000 – Ιουνίου 2004. [2]



Εικόνα 2.11: Χρονική διακύμανση των μέσων ολοκληρωμένων συγκεντρώσεων νιτρωδών αλάτων σε όλους τους σταθμούς του Εσωτερικού Σαρωνικού κόλπου για την περίοδο Μαΐου 2000 – Ιουνίου 2004. [2]



Εικόνα 2.12: Χρονική διακύμανση παροχών των λυμάτων που διαχέεται από την Ψυττάλεια στον Εσωτερικό Σαρωνικό κόλπο για την περίοδο 1998 – 2004. [2]

Χαρακτηριστικό είναι ότι για την περίοδο 2000 – 2004 εκτός από το διαλυμένο οξυγόνο, αυξητική τάση παρουσίασαν και τα αμμωνιακά και τα νιτρώδη άλατα. Τα φωσφορικά άλατα δεν έδειξαν διαφοροποίηση από το 2000 έως σήμερα, ενώ τα νιτρικά άλατα παρουσίασαν τάση μείωσης στη διάρκεια των τεσσάρων ετών. Η αυξητική τάση που παρουσίασαν τα αμμωνιακά και τα νιτρώδη άλατα σχετίζεται πιθανότητα με την αύξηση της παροχής των λυμάτων από την Ψυττάλεια τα τελευταία χρόνια όπως προκύπτει από την εικόνα 2.1.8 . Την περίοδο 2001 – 2002 οι συγκεντρώσεις των αμμωνιακών αλάτων ήταν μειωμένες σε σχέση με τις προηγούμενες και επόμενες δειγματοληψίες, ενώ από τον Ιούνιο 2002 και μετά καταγράφηκε άνοδος (εικ. 2.1.6). Το συνολικό ανόργανο άζωτο καθώς και ο λόγος ΣΝ/Ρ παρουσίασαν τάση μείωσης από το 2000 έως σήμερα.

Είναι αξιοσημείωτο ότι κοντά στο πυθμένα καταγράφηκαν χαμηλές τιμές οξυγόνου (~ 3.00 mg/l ή και χαμηλότερες), οι οποίες είναι το αποτέλεσμα της αποικοδόμησης συσσωρευμένης οργανικής ύλης, που πιθανότατα προέρχεται από το πεδίο του λύματος. Οι χαμηλότερες τιμές καταγράφηκαν κυρίως κοντά στον πυθμένα των σταθμών που βρίσκονται νοτιοδυτικά της Ψυττάλειας (S39, S8, S13). Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στο γεγονός ότι σε οκτώ δειγματοληψίες καταγράφηκαν τιμές διαλυμένου οξυγόνου μικρότερες από 3.50 ml/l, ενώ υπήρξαν και περιπτώσεις που οι τιμές του οξυγόνου ήταν χαμηλότερες από 2.50 ml/l. Αξίζει να σημειωθεί ότι τόσο στον σταθμό S39 όσο και στον σταθμό S8 καταγράφηκε αυξητική τάση των τιμών του οξυγόνου από το 2000 έως τον Ιούνιο 2004, που μπορεί να θεωρηθεί ως τάση βελτίωσης. Βέβαια ασφαλή συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν μετά από κάποια χρόνια συνεχούς καταγραφής της κατάστασης.

Αξιοσημείωτο είναι σε χρονικό διάστημα 12 ετών (1992 – 2004) οι συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου κοντά στον πυθμένα των σταθμών S7 και ιδιαίτερα στον σταθμό S11, παρουσίασαν τάση μείωσης, γεγονός που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής και παρακολούθησης, αφού είναι πιθανόν να παρουσιαστεί το ζωο-βένθος σε αυτούς τους σταθμούς και να διαφοροποιηθεί η οικολογική κατάσταση του κόλπου.

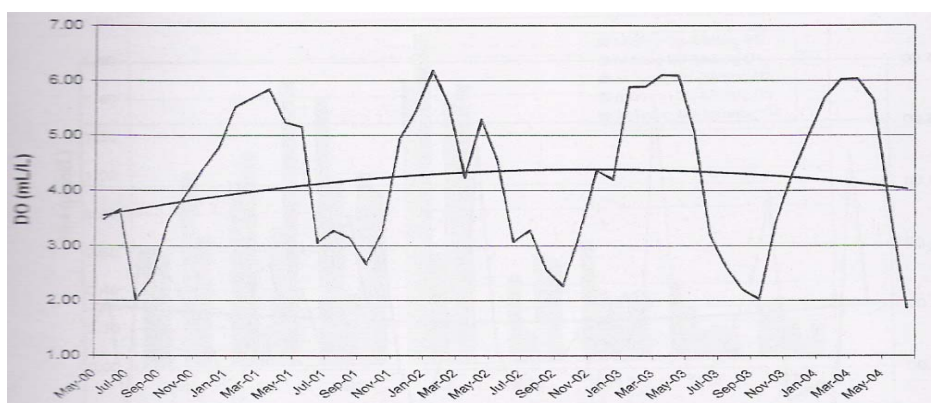
Είναι γενικά εμφανές ότι οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων παρουσίασαν σημαντική χωρική διαφοροποίηση με τις τιμές κυρίως των αμμωνιακών και φωσφορικών αλάτων να μειώνονται με την απόσταση από την Ψυττάλεια (S7). Αντιθέτως, οι συγκεντρώσεις των νιτρικών αλάτων αυξάνονται αυξανόμενης της απόστασης από την Ψυττάλεια, κυρίως προς τα νοτιοδυτικά. Αξιοσημείωτο πάντως είναι ότι οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων αυξήθηκαν την περίοδο 2003 – 2004 στους σταθμούς που βρίσκονται πιο μακριά από την Ψυττάλεια.

Ωστόσο, οι υψηλότερες τιμές οξυγόνου σε όλη την υδάτινη στήλη καταγράφηκαν νοτιοανατολικά της Ψυττάλειας. Οι κατανομές των νιτρικών αλάτων δεν διαφοροποιήθηκαν ιδιαίτερα στη διάρκεια των τεσσάρων ετών δειγματοληψίας, με τις αυξημένες τιμές να καταγράφονται σε σταθμούς που βρίσκονται νοτιοδυτικά της Ψυττάλειας. Σχετικά πιο χαμηλές τιμές φωσφορικών αλάτων καταγράφηκαν την περίοδο Ιουνίου 2003 – Ιουνίου 2004 σε σχέση με τα προηγούμενα έτη δειγματοληψιών.

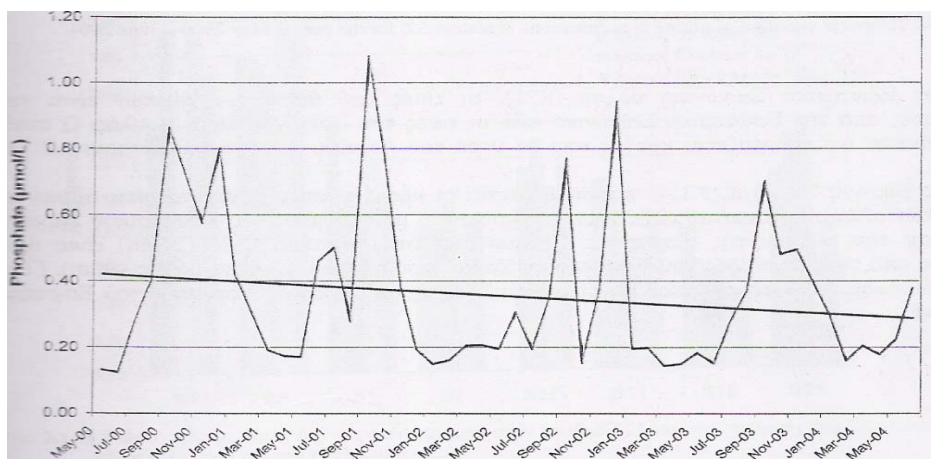
Ο κόλπος της Ελευσίνας διαφοροποιείται από τον υπόλοιπο Σαρωνικό, διότι η στρωμάτωση που παρουσιάζεται κατά τους θερμούς μήνες, λόγω του πυκνοκλινούς και η συσσώρευση οργανικού υλικού στη ζώνη κάτω από αυτό έχει ως συνέπεια την κατανάλωση του διαλυμένου οξυγόνου στο βαθύτερο στρώμα, η οποία τον Αύγουστο – Οκτώβριο είναι πλήρης και στον εμπλουτισμό σε θρεπτικά άλατα. Σε αυτές τις συνθήκες, οι τιμές των αμμωνιακών αλάτων κάτω από το θερμοκλινές αυξάνονται σημαντικά σε βάρος των νιτρικών και νιτρωδών αλάτων. Οι συγκεντρώσεις του

διαλυμένου οξυγόνου και των θρεπτικών αλάτων επανέρχονται σε φυσιολογικά επίπεδα, μετά το Νοέμβριο. Αξιοσημείωτο είναι ότι η εικόνα που παρουσιάζει ο κόλπος της Ελευσίνας δεν έχει διαφοροποιηθεί σημαντικά από το 1987 έως σήμερα.

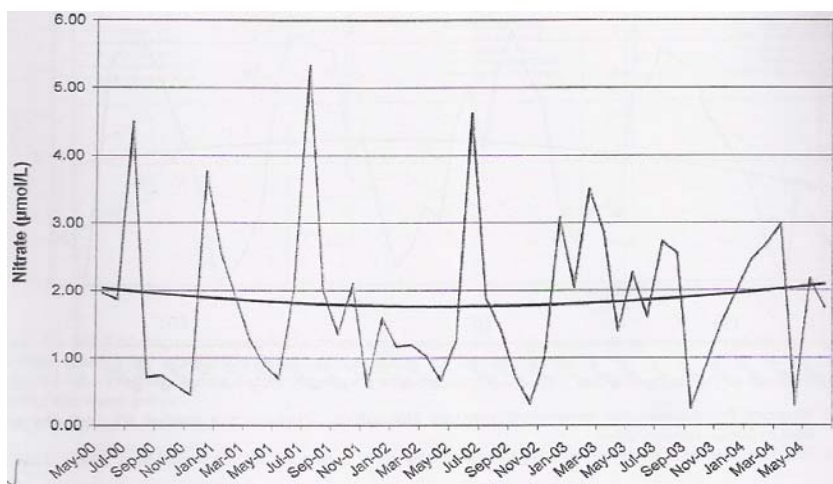
Στις εικόνες 2.1.9 – 2.1.11 παρουσιάζονται οι χρονικές διακυμάνσεις του διαλυμένου οξυγόνου και των θρεπτικών αλάτων στο σταθμό S2, για την χρονική περίοδο Μαΐου 2000 – Ιουνίου 2004, απ' όπου φαίνεται η περιοδικότητα στις συγκεντρώσεις των χημικών παραμέτρων, με μειωμένες τιμές οξυγόνου την περίοδο που επικρατεί το πυκνοκλινές. Από το 2000 έως σήμερα, πάντως, καταγράφηκε τάση αύξησης των τιμών του οξυγόνου και μείωσης των τιμών των φωσφορικών αλάτων, ενώ τα νιτρικά άλατα παρουσίασαν αυξητική τάση.



Εικόνα 2.13: Χρονική διακύμανση των συγκεντρώσεων του διαλυμένου οξυγόνου στο σταθμό S2, για την περίοδο Μαΐου 2000 – Ιουνίου 2004. [2]



Εικόνα 2.14: Χρονική διακύμανση των συγκεντρώσεων των φωσφορικών αλάτων στο σταθμό S2, για την περίοδο Μαΐου 2000 – Ιουνίου 2004. [2]



Εικόνα 2.15: Χρονική διακύμανση των συγκεντρώσεων των νιτρικών αλάτων στο σταθμό S2, για την περίοδο Μαΐου 2000 – Ιουνίου 2004. [2]

Στον Εξωτερικό Σαρωνικό κόλπο (S21), οι τιμές των θρεπτικών αλάτων είναι γενικά χαμηλότερες από τον Εσωτερικό Σαρωνικό ενώ οι τιμές του οξυγόνου είναι υψηλές. Ο σταθμός αυτός φαίνεται ότι επηρεάζεται κυρίως από τα νερά του Αιγαίου και έχει χαρακτηριστικά νερών Αιγαίου. Σημειώνεται ότι ο σταθμός S21 (210m) είναι αρκετά βαθύτερος από τους σταθμούς του Εσωτερικού Σαρωνικού κόλπου (μέγιστο βάθος ~90m). Γι' αυτό τον λόγο οι τιμές των νιτρικών αλάτων είναι υψηλότερες απ' ότι στους σταθμούς του Εσωτερικού Σαρωνικού. Οι συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου και των θρεπτικών αλάτων στο σταθμό S3 (Κερατσίνι) παρουσίασαν αύξηση από το 2000 έως σήμερα. Είναι φανερό ότι οι συγκεντρώσεις ακολουθούν τον ίδιο εποχιακό κύκλο, όπως και στον Εσωτερικό Σαρωνικό. [2]

Συνοψίζοντας

- Η θέση του πεδίου των λυμάτων (κατεύθυνση – βάθος) διαφοροποιήθηκε. Με βάση τις κατανομές του οξυγόνου και των θρεπτικών αλάτων, στο 53% των δειγματοληψιών η κατεύθυνση εξάπλωσης του πεδίου ήταν προς τα νοτιοδυτικά της Ψυττάλειας και μόνο στο 25% ήταν προς τα νοτιοανατολικά.
- Οι σταθμοί που βρίσκονται νοτιοδυτικά της Ψυττάλειας φαίνεται ότι επηρεάζονται περισσότερο από το πεδίο λυμάτων και διαφοροποιούνται από τους υπόλοιπους σταθμούς του Εσωτερικού Σαρωνικού. Σε αυτούς τους σταθμούς καταγράφηκαν χαμηλότερες τιμές διαλυμένου οξυγόνου και υψηλότερες τιμές θρεπτικών αλάτων.
- Οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου σε σταθμούς που βρίσκονται νοτιοδυτικά της Ψυττάλειας μειώθηκαν και σε κάποιες περιπτώσεις ήταν χαμηλότερες από 3.00 ml/l (κορεσμός < 60%), γεγονός που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής για τις ζωοβενθικές κοινωνίες.

2.2.2 ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ, ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ ΚΑΙ ΦΩΣΦΟΡΟΣ

Στο θαλάσσιο περιβάλλον ο άνθρακας, το άζωτο και ο φώσφορος καλούνται και βιοενεργά στοιχεία λόγω της συμμετοχής τους σε βιοχημικές διεργασίες. Τα στοιχεία αυτά αποτελούν τα κύρια συστατικά του πλαγκτού. Η αιωρούμενη οργανική ύλη στην ανοικτή θάλασσα προέρχεται σχεδόν αποκλειστικά από θαλάσσιους οργανισμούς (φυτο- και ζωο-πλαγκτόν, βακτήρια και άλλους μικροοργανισμούς) και

τα προϊόντα μεταβολισμού και αποσύνθεσής τους, ενώ σε παράκτια νερά σημαντική πηγή οργανικών σωματιδίων αποτελούν και οι χερσογενείς εισροές. Ο εμπλουτισμός του θαλάσσιου περιβάλλοντος σε σωματιδιακό οργανικό υλικό από τη στεριά γίνεται είτε μέσω φυσικών διεργασιών, αιολική ή κυματική δράση που παρασύρει μικρού μεγέθους σωματίδια, είτε μέσω της διάθεσης στη θάλασσα υγρών ή στερών αποβλήτων με πλούσιο οργανικό περιεχόμενο. Γενικά η αναλογία των οργανικών συστατικών της αιωρούμενης ύλης στη θάλασσα είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των ανόργανων.

Καθώς τα λύματα είναι πλούσια σε οργανικό υλικό αλλά και σε αμμωνιακά και φωσφορικά άλατα, στο σταθμό της Ψυττάλειας σημειώθηκαν οι υψηλότερες τιμές των παραμέτρων αυτών και μάλιστα στο βάθος που εντοπίστηκε η θέση του πεδίου λυμάτων μετά την έξοδό τους από τον αγωγό. Σημειώθηκαν όμως και περιπτώσεις όπου οι μεγαλύτερες τιμές των ανωτέρων παραμέτρων δεν σημειώθηκαν στον σταθμό της Ψυττάλειας αλλά σε γειτονικό ή γειτονικούς σταθμούς και αυτό θα πρέπει να οφείλεται στη διακύμανση της παροχής λυμάτων κατά τη διάρκεια της ημέρας και της ώρας δειγματοληψίας.

Στους υπόλοιπους σταθμούς του Εσωτερικού Σαρωνικού παρατηρείται σε γενικές γραμμές σταδιακή μείωση των συγκεντρώσεων του σωματιδιακού οργανικού άνθρακα, καθώς αυξάνεται η απόστασή τους από τον αγωγό. Από την οριζόντια κατανομή των παραμέτρων αυτών φαίνεται η εξάπλωση των οργανικών σωματιδίων που ελευθερώνονται από τον αγωγό να περιορίζεται σε μικρή ακτίνα γύρω από το σημείο διάθεσης, δεδομένου ότι οι σωματιδιακές μορφές άνθρακα μετατρέπονται με βιοχημικές διεργασίες σε διαλυτές μορφές οργανικές και ανόργανες. Εξάλλου τα μεγαλύτερα σωματίδια λόγω του βάρους τους έχουν την τάση να καταβυθισθούν εμπλουτίζοντας με οργανικές ενώσεις τα ιζήματα της περιοχής γύρω από την Ψυττάλεια. Ιδιαίτερα στη θερμή περίοδο που οι υψηλές συγκεντρώσεις σημειώνονται κάτω από τα 50 μέτρα, το σωματιδιακό υλικό καθιζάνει ταχύτατα στον πυθμένα με αποτέλεσμα να υπάρχει μικρή ποσότητα στην υδάτινη στήλη και αντίθετα να εμπλουτίζονται τα ιζήματα της περιοχής με οργανικό υλικό. Είναι αξιοσημείωτο ότι οι σταθμοί που βρίσκονται νοτιοδυτικά της Ψυττάλειας παρουσίασαν υψηλότερες μέσες ετήσιες τιμές σωματιδιακού οργανικού άνθρακα σε σχέση με τους σταθμούς που βρίσκονται νοτιοανατολικά και σε ίση απόσταση από την Ψυττάλεια. Συγκρίνοντας τις τιμές σωματιδιακού οργανικού άνθρακα την περίοδο 1998 – 2004 παρατηρήθηκε μικρή μείωση των τιμών στην Ψυττάλεια και στους γειτονικούς σταθμούς, παρόλο που η παροχή λυμάτων παρουσίασε αύξηση στην ίδια περίοδο. Μικρή αύξηση των μέσων ετήσιων τιμών σημειώθηκε στον Εσωτερικό Σαρωνικό και Εξωτερικό Σαρωνικό. Η σημειωθείσα αύξηση πρέπει να οφείλεται στην παρατηρηθείσα αύξηση των συγκεντρώσεων της χλωροφύλλης (και επομένως των συγκεντρώσεων των φυτοπλαγκτονικών κυττάρων τα οποία συνεισφέρουν στην εκτίμηση του σωματιδιακού οργανικού άνθρακα).

Παρατηρήθηκε ότι τα αιωρούμενα σωματίδια στους σταθμούς S7 (Ψυττάλεια) και S3 (όρμος Κερατσινίου) ήταν ιδιαίτερα εμπλουτισμένα σε οργανικό άνθρακα σε σχέση με τους σταθμούς S11, S13 και S16. Σε γενικές γραμμές φαίνεται ότι ακολουθούσαν παρόμοια εποχιακή διακύμανση, με τον S7 να χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλές συγκεντρώσεις ιδίως σε περιόδους έντονης στρωμάτωσης της υδάτινης στήλης (π.χ. Ιούνιος 2000, Μάιος και Ιούνιος 2001, Μάιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος 2002, Ιούλιος και Αύγουστος 2003). Πρέπει επίσης να τονισθεί ότι σε ορισμένες περιπτώσεις οι μειωμένες συγκεντρώσεις που καταγράφηκαν στον S7 (π.χ. Σεπτέμβριος 2000, Ιούλιος 2001) έχουν σχέση με το γεγονός ότι κατά τη δειγματοληψία, δεν στάθηκε δυστυχώς εφικτό να συλλεχθούν δείγματα

αντιπροσωπευτικά του πεδίου λυμάτων. Αξιοσημείωτη είναι η περίπτωση των υψηλών συγκεντρώσεων που καταγράφηκαν στον S11 τον Μάρτιο και τον Ιούλιο 2001 και τον Ιούλιο 2002 και οι οποίες και στις τρεις περιπτώσεις έχουν άμεση σχέση με τη μεταφορά σωματιδίων που ελευθερώνονται από τον αγωγό προς τα νοτιο-ανατολικά λόγω της επικρατούσας τοπικής κυκλοφορίας κατά τη συγκεκριμένη περίοδο. Αντίστοιχα οι υψηλές μέσες ολοκληρωμένες συγκεντρώσεις που παρατηρήθηκαν στον S13 τον Φεβρουάριο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο 2002 έχουν σχέση με τη μεταφορά του πεδίου λυμάτων προς τα νότιο-δυτικά. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι και στον S16 παρατηρήθηκε αύξηση των μέσων ολοκληρωμένων συγκεντρώσεων κατά τον Μάιο και Ιούνιο 2003 που κυρίως έχουν σχέση με την καταγραφή ιδιαίτερα υψηλών συγκεντρώσεων της παραμέτρου σε ενδιάμεσα βάθη (~50m). Στη διαμόρφωση των υψηλών αυτών συγκεντρώσεων σημαντική φαίνεται ότι ήταν η συμμετοχή της φυτοπλακτονικής βιομάζας καθώς το βάθος των 50m συμπίπτει με την καταγραφή μέγιστης τιμής χλωροφύλλης. Η οριζόντια κατανομή του διαλυμένου οξυγόνου στο βάθος του πεδίου λυμάτων χαρακτηριζόμενη από ελάχιστες τιμές τόσο κοντά στον αγωγό όσο και σε απόσταση 2 – 3 km από αυτόν υποδηλώνει τη συνεχή αποικοδόμηση της μεταφερόμενης οργανικής ύλης και η εξάπλωση των μειωμένων τιμών αποτελεί κύρια ένδειξη για τη γεωγραφική εξάπλωση των λυμάτων. Είναι χαρακτηριστικές οι «γλώσσες» μειωμένης συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου παράλληλα με τις ακτές της Σαλαμίνας, υποδηλώνοντας την επικρατούσα διεύθυνση της εξάπλωσης των λυμάτων. Στην περιοχή σημειώθηκαν τιμές χαμηλότερες από 3 ml/l (κορεσμός < 60%) που υποδηλώνουν υποβάθμιση περιβάλλοντος λόγω των δυσμενών επιδράσεων στις ζωοβενθικές βιοκοινωνίες. Συνέπεια αυτής της γεωγραφικής εξάπλωσης των λυμάτων είναι παρατηρηθείσες μικρές διαφορές μεταξύ των σταθμών που βρίσκονται νοτιοδυτικά, νότια και νοτιοανατολικά της Ψυττάλειας και ισαπέχουν από την Ψυττάλεια, όσον αφορά τις μέσες ετήσιες τιμές διαλυμένου οξυγόνου με τις υψηλότερες τιμές στους νοτιοανατολικούς σταθμούς, μειωμένες στους νότιους και ακόμα πιο μειωμένες στους νοτιοδυτικούς σταθμούς. Οι χαμηλότερες τιμές διαλυμένου οξυγόνου στην υδάτινη στήλη του Σαρωνικού κόλπου καταγράφηκαν την θερινή περίοδο, ενώ οι υψηλότερες την περίοδο Φεβρουαρίου – Απριλίου και σχετίζονται με την οξυγόνωση των βαθύτερων στρωμάτων λόγω της πλήρους ομογενοποίησης της υδάτινης στήλης, καθώς και με την αυξημένη βιολογική δραστηριότητα (φωτοσύνθεση φυτοπλακτού και φυτοβένθους) την περίοδο αυτή. Θετικό είναι το γεγονός ότι οι μέσες τιμές του οξυγόνου στον Εσωτερικό Σαρωνικό παρουσίασαν αυξητική τάση από το 2000 έως το 2004.

Αντίστροφη ήταν η γεωγραφική διαφοροποίηση στις μέσες ετήσιες τιμές των φωσφορικών με τις υψηλότερες τιμές στους νοτιοδυτικούς σταθμούς και τις χαμηλότερες στους νοτιοανατολικούς που βρίσκονται σε ίση απόσταση από την Ψυττάλεια. Οι οριζόντιες κατανομές των φωσφορικών και των αμμωνιακών αλάτων έδειξαν σαφή μείωση των τιμών απομακρυνόμενοι από την Ψυττάλεια και γεωγραφική διαφοροποίηση ανάλογα με την επικρατούσα κυκλοφορία. Ειδικά οι τιμές των αμμωνιακών σχεδόν υποδιπλασιάζονται σε απόσταση μόλις 2 km από την Ψυττάλεια, λόγω της μετατροπής των αμμωνιακών αλάτων σε νιτρώδη και νιτρικά. Οι τιμές των φωσφορικών και αμμωνιακών αλάτων ήταν μέγιστες στο εκάστοτε βάθος του πεδίου λυμάτων. Σαφή γεωγραφική εξάπλωση παρουσίαζαν και οι οριζόντιες κατανομές των νιτρικών αλάτων αλλά οι μέγιστες τιμές σημειώνονταν σε απόσταση 1.5 ως 6.5 km από τον αγωγό και κυρίως κοντά στον πυθμένα καθώς τα νιτρικά άλατα αποτελούν προϊόντα χημικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα κυρίως μετά την έξοδο των λυμάτων από τον αγωγό (διάσπαση οργανικών ενώσεων σε

αμμωνιακά άλατα και μετατροπή σε νιτρώδη και ακολούθως σε νιτρικά άλατα). Είναι αξιοσημείωτο ότι οι γεωγραφικές κατανομές των αμμωνιακών αλάτων και φωσφορικών αλάτων ήταν παρόμοιες με αυτές της αλατότητας και θολερότητας υποδηλώνοντας την εξάπλωση του πεδίου λυμάτων κατά την ημέρα της δειγματοληψίας, ενώ η γεωγραφική εξάπλωση των νιτρικών παρουσίαζε μερικές διαφορές με αυτές των άλλων παραμέτρων υποδηλώνοντας την εξάπλωση του πεδίου σε προηγούμενες της δειγματοληψίας ημέρες. Στην περίοδο 2000 – 2004 μικρή αυξητική τάση παρουσίασαν και τα αμμωνιακά και τα νιτρώδη άλατα ως μέσες τιμές από όλους τους σταθμούς στον Εσωτερικό Σαρωνικό. Η αύξηση αυτή σχετίζεται πιθανόν με την αύξηση της παροχής των λυμάτων από την Ψυττάλεια τα τελευταία χρόνια. Τα φωσφορικά άλατα παρουσίασαν τάση αύξησης στο σταθμό της Ψυττάλειας και στους γειτονικούς σταθμούς από το 2000 έως σήμερα, ενώ στους υπόλοιπους σταθμούς παρατηρήθηκε μια τάση ελάττωσης των τιμών. Παρόμοια τάση μείωσης στους τελευταίους σταθμούς παρατηρήθηκε και για τα νιτρικά άλατα, ενώ στην περιοχή της Ψυττάλειας η τάση δεν ήταν σαφής. [2]

2.2.3 ΔΙΑΛΥΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ

Η διαλυτή οργανική ύλη αποτελεί σημαντική παράμετρο για την κατανόηση τόσο των βιογεωχημικών διεργασιών στη θάλασσα όσο και του κύκλου του άνθρακα σε παγκόσμια κλίμακα. Η διαλυτή οργανική ύλη μπορεί να παράγεται αυθιγενώς μέσα στο θαλάσσιο περιβάλλον από τους οργανισμούς ή να προέρχεται από το χερσαίο περιβάλλον. Είναι πλέον γνωστό, ότι το σύνολο της διαλυτής οργανικής ύλης στο θαλάσσιο περιβάλλον αποτελείται από μια μεγάλη ποικιλία οργανικών ενώσεων με διαφορετική δραστικότητα στις βιολογικές διεργασίες. Το ευκίνητο μέρος καταναλώνεται μέσα σε λίγες ώρες ή μέρες, το ημι-ευκίνητο σε εποχιακή βάση και τέλος το ανθεκτικό μέρος της οργανικής ύλης παραμένει αναλλοίωτο με χρόνους της τάξης των 6000 χρόνων. Μέτρο της διαλυτής οργανικής ύλης θεωρείται ο διαλυτός οργανικός άνθρακας (DOC). Παρόλο ότι οι περισσότερες σχετικές μελέτες στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν εστιάσει στον ανοιχτό ωκεανό, ο ρόλος της παράκτιας ζώνης στους βιογεωχημικούς κύκλους του άνθρακα δεν έχει αγνοηθεί και αποκτά αυξανόμενο ενδιαφέρον. Οι ανθρωπογενείς εισροές θρεπτικών συστατικών στο παράκτιο περιβάλλον ενισχύουν την πρωτογενή παραγωγή και την φωτοσύνθεση με συνέπεια την απομάκρυνση διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα. Συγχρόνως όμως υπάρχουν και εισροές οργανικής ύλης τόσο από ανθρωπογενείς όσο και από φυσικές πηγές, οι οποίες μπορούν μερικώς ή και ολικώς να καταναλωθούν από τους ετερότροφους οργανισμούς με αποτέλεσμα την εκροή διοξειδίου του άνθρακα προς την ατμόσφαιρα μέσω της αναπνοής. Λόγω λοιπόν του διπλού τους ρόλου – ως καθαρή πηγή ή "καταβόθρα" διοξειδίου του άνθρακα – οι παράκτιες θάλασσες καθίστανται εξαιρετικά ευάλωτες σε οποιαδήποτε μεταβολή του ισοζυγίου των βιογενών στοιχείων (C, N, P).

Στο Σαρωνικό κόλπο δεν υπάρχουν σημαντικές χερσαίες εισροές οργανικής ύλης μέσω ποταμών ή και καλλιεργήσιμων εκτάσεων με αποτέλεσμα η βασική πηγή αλλόχθονου οργανικού υλικού να είναι τα αστικά λύματα και ιδιαίτερος αυτά που προέρχονται από το Κέντρο Επεξεργασίας Λύματων της Ψυττάλειας (ΚΕΛΨ) η παροχή των οποίων ανέρχεται σε ~800 κυβικά μέτρα ημερησίως.

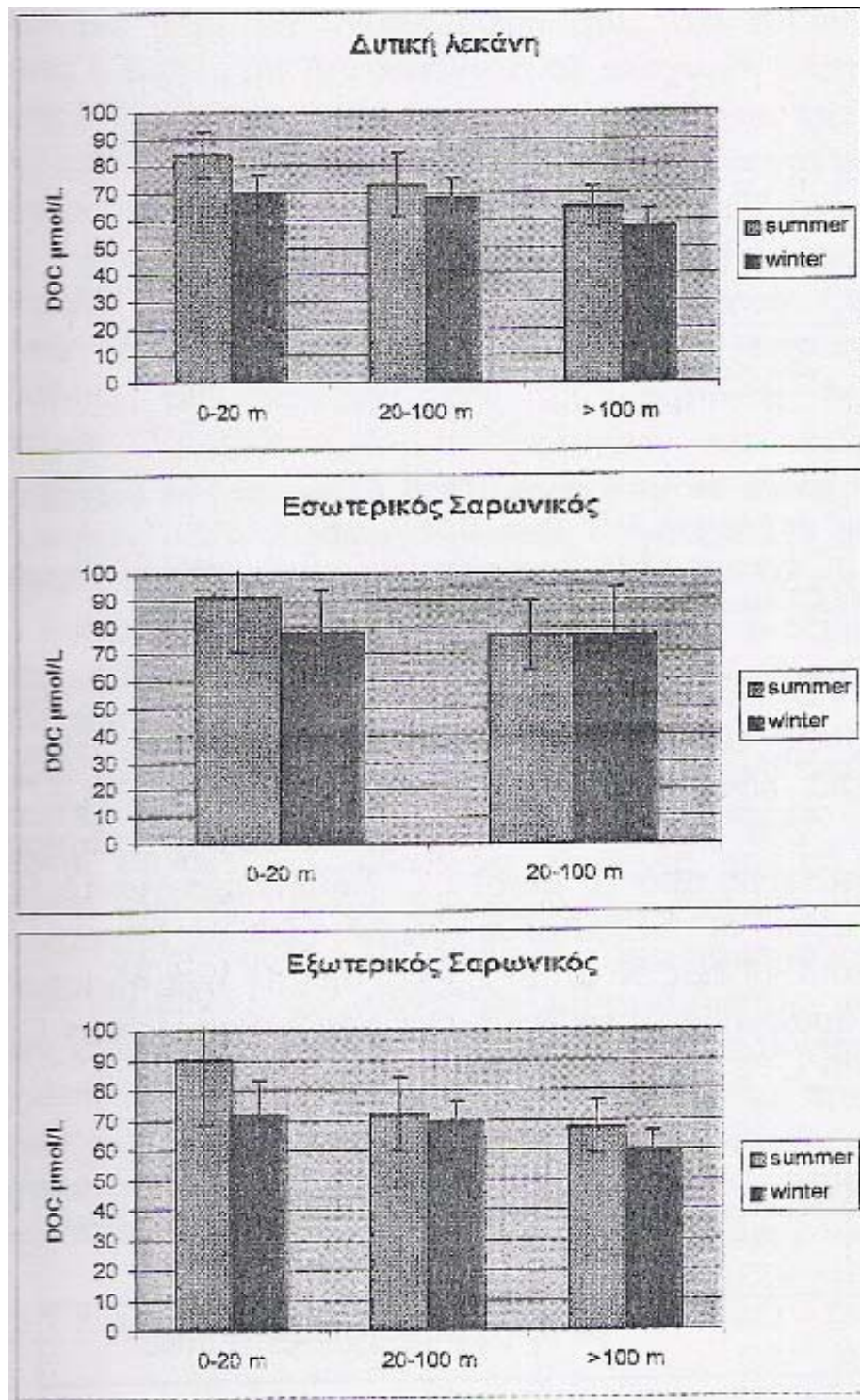
Στα πλαίσια του προγράμματος μελετήθηκε κατά τη διάρκεια των τεσσάρων ετών 2001-2004 ο διαλυτός οργανικός άνθρακας (DOC) στο Σαρωνικό κόλπο σε εποχιακή βάση, με σκοπό να αποκτηθεί για πρώτη φορά μια συστηματική σειρά δεδομένων για την περιοχή καθώς και να διερευνηθεί η χωρική και εποχική

μεταβλητότητα της παραμέτρου. Επιπλέον αυτή η μελέτη εστίασε στο ρόλο που παίζει η εκροή οργανικού φορτίου από τον αγωγό του Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυττάλειας.

Πίνακας 2.1: Οι συγκεντρώσεις DOC που προσδιορίστηκαν στον Σαρωνικό κόλπο και σε διάφορες περιοχές της Μεσογείου [2]

Περιοχή	TOC (μM)	Πηγή
Σαρωνικός Κόλπος	49 – 198 (<i>n</i> = 483)	Παρούσα εργασία
Αιγαίο Πέλαγος	47 – 128 (<i>n</i> = 86)	Sempere <i>et al.</i> , 2002
Β. Αδριατική	53 – 281 (<i>n</i> = 204)	Pettine <i>et al.</i> , 1999
Β.Δ. Μεσόγειος - εκβ. Ροδανού	58 - 129	Cauwet, 1990
Β.Δ. Μεσόγειος - Θαλ. Λιγυρίας	50 – 91 (<i>n</i> = 36)	Copin-Montegut & Avril, 1993
Β.Δ. Μεσόγειος Θαλ. Καταλ. - Βαλεαρίδων	44 - 95 (<i>n</i> = 72)	Doval <i>et al.</i> , 1999

Οι συγκεντρώσεις DOC που προσδιορίστηκαν στον Σαρωνικό κόλπο κυμάνθηκαν από 49 έως 198 $\mu\text{mol L}^{-1}$ (*n*=483). Οι συγκεντρώσεις DOC που μετρήθηκαν στον Σαρωνικό κόλπο δεν διαφέρουν σημαντικά από αυτές που έχουν δημοσιευθεί για άλλες περιοχές της Μεσογείου (Πίνακας 3.3.A). Από τις τιμές του πίνακα 3.3.1 γίνεται αντιληπτό ότι συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 100 $\mu\text{mol L}^{-1}$ απαντώνται σε παράκτιες περιοχές όπως το Β.Αιγαίο, η Β. Αδριατική, ΒΔ Μεσόγειος – εκβολές Ροδανού και ο Σαρωνικός Κόλπος. Τα ιστογράμματα της εικόνα 2.3.1 δείχνουν τη μεταβολή των επιπέδων των συγκεντρώσεων, στις τρεις υποπεριοχές του Σαρωνικού, σε σχέση με το βάθος, χωριστά για τους καλοκαιρινούς και χειμερινούς μήνες. Γίνεται αντιληπτό ότι κατά τους καλοκαιρινούς μήνες οι συγκεντρώσεις κυμαίνονται σε υψηλότερα επίπεδα τιμών απ’ ότι τους χειμερινούς μήνες. Επίσης φαίνεται ότι ο εσωτερικός Σαρωνικός παρουσιάζει σχετικά πιο αυξημένες DOC με έντονη διακύμανση. Λόγω της έλλειψης ποτάμιων εισροών στην περιοχή, οι αυξημένες συγκεντρώσεις DOC στα επιφανειακά νερά οφείλονται κυρίως στη βιολογική δραστηριότητα. Σ’ αυτό εξάλλου συνηγορεί και η διαφορά στα επίπεδα συγκεντρώσεων μεταξύ των καλοκαιρινών και χειμερινών μηνών. Παρόλα αυτά άλλες εξωγενείς πηγές άνθρακα όπως η εκβολή των λυμάτων του ΚΕΛΨ και η έντονη ναυτιλιακή δραστηριότητα δεν μπορούν να αγνοηθούν.



Εικόνα 2.16: Συνοπτική κατανομή DOC με το βάθος στις τρεις υποπεριοχές του Σαρωνικού [2]

Ο εσωτερικός Σαρωνικός είναι σχετικά πιο εμπλουτισμένος σε διαλυτές μορφές οργανικού άνθρακα. Αυτό είναι αναμενόμενο τόσο λόγω της γειννίας με την παράκτια ζώνη όσο και λόγω της παρουσίας του αγωγού λυμάτων του ΚΕΛΨ. Έτσι λοιπόν, τα εξερχόμενα λύματα είναι πολύ πλούσια σε διαλυτό οργανικό άνθρακα, όπως φάνηκε από τις ιδιαίτερα αυξημένες τιμές στην Ψυττάλεια, ενώ νοτιότερα οι τιμές μειώνονται απότομα και δεν διαφοροποιούνται σημαντικά. Ο εξερχόμενος διαλυτός άνθρακας φαίνεται να είναι πολύ διαθέσιμος σε άμεση κατανάλωση από τα βακτήρια με επακόλουθο τις εξαιρετικά υψηλές τιμές βακτηριακής παραγωγής στην Ψυττάλεια.

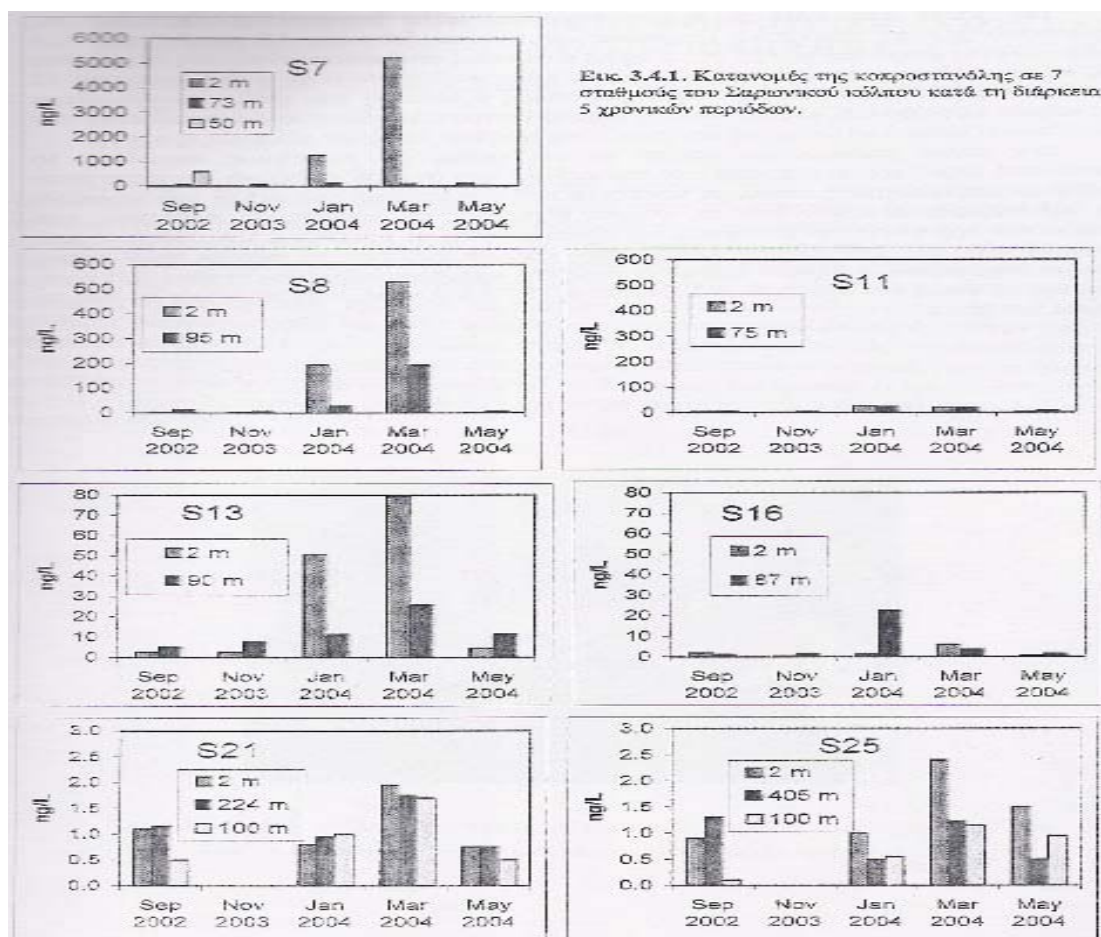
Με βάση τα δεδομένα που αποκτήθηκαν κατά τη διάρκεια του προγράμματος συμπερασματικά μπορεί κανείς να πει ότι: α) οι συγκεντρώσεις του διαλυτού οργανικού άνθρακα στον Σαρωνικό κόλπο αντανakλούν μια παράκτια περιοχή της Μεσογείου χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα ευτροφισμού, β) ότι η κατανομή του διαλυτού οργανικού άνθρακα ελέγχεται από εποχιακούς παράγοντες και γ) το διαλυτό οργανικό φορτίο που προέρχεται από τον αγωγό λυμάτων του ΚΕΛΨ δεν επιβαρύνει σημαντικά τον Σαρωνικό Κόλπο καθώς λειτουργούν άμεσα οι βακτηριακοί μηχανισμοί αποικοδόμησης του. [2]

2.2.4 ΚΟΠΡΟΣΤΑΝΟΛΗ

Η κοπροστανόλη είναι μια στερόλη που δεν υπάρχει ελεύθερη στη φύση και σχηματίζεται σχεδόν αποκλειστικά κατά τη στερεοειδική μικροβιακή αναγωγή της χοληστερόλης στον εντερικό σωλήνα των θηλαστικών. Έτσι είναι η κυριότερη στερόλη που βρίσκεται στα περιττώματα τους σε ποσοστά μεγαλύτερα του 40% επί του συνόλου των στερολών. Υπολογίζεται ότι κάθε άνθρωπος παράγει κατά μέσο όρο με τα κόπρανά του 0.2-1 g κοπροστανόλης ημερησίως. Η κοπροστανόλη είναι ιδιαίτερα σταθερή ένωση που παραμένει αναλλοίωτη για μεγάλο χρονικό διάστημα και για το λόγο αυτό είναι ιδανικός δείκτης παρουσίας αστικών αποβλήτων σε μια θαλάσσια περιοχή. Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι επειδή η διαλυτότητά της στο νερό είναι πολύ μικρή παραμένει προσροφημένη στο αιωρούμενο σωματιδιακό υλικό και μεταφέρεται μαζί με αυτό για να καταλήξει τελικά στα θαλάσσια ιζήματα. Έτσι η παρουσία της κοπροστανόλης στην αιωρούμενη σωματιδιακή ύλη ή στα θαλάσσια ιζήματα μιας περιοχής σχετίζεται άμεσα με τη ρύπανση από τα αστικά λύματα αλλά δίνει αξιόπιστες πληροφορίες για τον τρόπο εξάπλωσης μόνο του σωματιδιακού υλικού που εκβάλλει από αγωγούς αστικών λυμάτων. Τα δείγματα συλλέχθηκαν από 7 σταθμούς κατά μήκος δυο αξόνων, νοτιοδυτικά και νοτιοανατολικά του σημείου της εκβολής. Έτσι αποκτήθηκε λεπτομερέστερη πληροφορία ανάλογα με τις διαφορετικές μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούσαν τις περιόδους δειγματοληψίας.

Παρόμοια οριζόντια κατανομή με το σωματιδιακό οργανικό άνθρακα παρατηρήθηκε και για τις συγκεντρώσεις τις κοπροστανόλης στα αιωρούμενα σωματίδια. Οι τιμές μειώνονταν απομακρυνόμενοι από την Ψυττάλεια και οι σταθμοί νοτιοδυτικά ης Ψυττάλειας λίγο υψηλότερες τιμές από αυτούς που βρίσκονται νοτιοανατολικά. Αυτή η διαφοροποίηση παρατηρήθηκε και για τις συγκεντρώσεις της κοπροστανόλης στα ιζήματα της περιοχής. Οι κατανομές της κοπροστανόλης στο αιωρούμενο σωματιδιακό υλικό δίνονται στην εικόνα 2.17 Από τις κατανομές αυτές αλλά και από την εξέταση των υπόλοιπων κριτηρίων προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα: Την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2002 (θερινή περίοδος) το επιφανειακό στρώμα του νερού φαίνεται να δέχεται πολύ μικρή επίδραση από τα αστικά απόβλητα (<4 ng/L), προφανώς λόγω της παγίδευσης του πεδίου των λυμάτων κάτω από το

θερμοκλινές. Στο μέγιστο βάθος του S7 η επίδραση των λυμάτων ήταν σαφώς μεγαλύτερη από ότι στο επιφανειακό στρώμα (83 ng/L) αλλά η μεγάλη επιβάρυνση περιορίζεται σε σχετικά μικρή απόσταση γύρω από την εκβολή του αγωγού. Στη Δυτική λεκάνη (S25) στο βάθος των 400m η επίδραση των λυμάτων ήταν σχεδόν μηδενική, όπως και στον εξωτερικό Σαρωνικό (S21). Ελαφρώς μεγαλύτερη επίδραση των λυμάτων φαίνεται να υπάρχει κατά μήκος του άξονα με κατεύθυνση νοτιοδυτική από την εκβολή του αγωγού (σταθμοί S8, S13) σε σχέση με αυτόν που έχει κατεύθυνση νοτιοανατολική (σταθμοί S11, S16).



Εικόνα 2.17: Κατανομές της κοπροστανόλης σε 7 σταθμούς του Σαρωνικού κόλπου κατά τη διάρκεια 5 χρονικών περιόδων. [2]

Εξετάζοντας την αναλογία της κοπροστανόλης ως προς τη χοληστερόλη και ως προς το σύνολο των στερολών μπορεί να γίνει εκτίμηση της προέλευσης του σωματιδιακού υλικού. Σύμφωνα με αυτήν μόνο στον πυθμένα του S7 φαίνεται σαφώς ότι η κύρια πηγή προέλευσης του σωματιδιακού υλικού είναι ο αγωγός των λυμάτων. Σε όλα τα υπόλοιπα σημεία υπερισχύουν άλλες πηγές προέλευσης του σωματιδιακού υλικού (π.χ. πλαγκτόν).

Το Νοέμβριο του 2003 η εικόνα ήταν παρόμοια. Στο επιφανειακό στρώμα η επιβάρυνση ήταν πολύ μικρή (< 3 ng/L) και μάλιστα οι μεγαλύτερες τιμές δεν παρατηρήθηκαν στο σταθμό S7 αλλά στο σταθμό S8 και S13 νοτιοδυτικά της Ψντάλειας. Στον πυθμένα σχετικά μεγάλες τιμές μετρήθηκαν μόνο στο σταθμό S7 (82 ng/L). Όπως και την περίοδο του Σεπτεμβρίου ο αγωγός των λυμάτων

εμφανίζεται να είναι η κύρια πηγή του αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού μόνο στον πυθμένα του S7. Αντίθετα τον Ιανουάριο του 2004 (ψυχρή περίοδος) η εικόνα ήταν τελείως διαφορετική. Πολύ μεγάλες τιμές μετρήθηκαν στο επιφανειακό στρώμα όχι μόνο του S7 (1269 ng/L) αλλά και των S8, S13 (>50 ng/L), ενώ κατά μήκος του νοτιοανατολικού άξονα οι τιμές ήταν σαφώς μειωμένες. Στον πυθμένα οι τιμές ήταν μικρότερες από το επιφανειακό στρώμα αλλά μεγαλύτερες από αυτές που μετρήθηκαν στις προηγούμενες περιόδους. Η κύρια πηγή προέλευσης του σωματιδιακού υλικού φαίνεται ότι είναι ο αγωγός των λυμάτων σε όλη τη στήλη του S7 αλλά και στην επιφάνεια των S8, S11, S13. Στη δυτική λεκάνη (S25) η επίδραση των λυμάτων εξακολουθεί να είναι μηδαμινή.

Τον Μάρτιο 2004 που είναι επίσης ψυχρή περίοδος μετρήθηκαν ακόμη μεγαλύτερες τιμές κοπροστανόλης, ενώ η γενική εικόνα ήταν παρόμοια με αυτή του Ιανουαρίου. Έτσι ιδιαίτερα μεγάλη επιβάρυνση υπήρχε στο επιφανειακό στρώμα (5200 ng/L) ενώ υπήρχε σαφέστατη μετακίνηση των λυμάτων κατά μήκος του νοτιοδυτικού άξονα. Στον πυθμένα οι τιμές ήταν και πάλι μειωμένες. Παρόλο που οι τιμές της κοπροστανόλης στον S7 ήταν εξαιρετικά μεγάλες, η εξάπλωση του πεδίου των λυμάτων φαίνεται να είναι μικρότερη απ' ό,τι την περίοδο του Ιανουαρίου. Έτσι σαφή κυρίαρχη προέλευση από αστικά λύματα το σωματιδιακό υλικό φαίνεται να έχει εκτός από τον S7 μόνο στην επιφάνεια του S8. Τον Μάιο του 2004 η εικόνα ήταν και πάλι διαφορετική. Οι τιμές της κοπροστανόλης ήταν σημαντικά μειωμένες σε όλα τα δείγματα. Η μεγαλύτερη τιμή μετρήθηκε στην επιφάνεια του S7 (91.5 ng/L) ενώ στους υπόλοιπους σταθμούς οι μέγιστες τιμές παρατηρήθηκαν στον πυθμένα αλλά σε κάθε περίπτωση ήταν μικρότερες από 12 ng/L. Την περίοδο αυτή δεν παρατηρήθηκε σαφής εξάπλωση του πεδίου των λυμάτων προς κάποια κατεύθυνση, ενώ σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας η κύρια προέλευση του σωματιδιακού υλικού φαίνεται ότι δεν είναι ο αγωγός των λυμάτων αλλά άλλες πηγές.

Σαν γενικό συμπέρασμα μπορεί να πει κανείς ότι τις θερμές περιόδους το σωματιδιακό υλικό που προέρχεται από την εκβολή του αγωγού καθιζάνει ταχύτατα στον πυθμένα με αποτέλεσμα η συνολική ποσότητά του που υπάρχει στη στήλη του νερού να είναι πολύ μικρή, ενώ αντίθετα τις ψυχρές περιόδους οι μεγαλύτερες ποσότητες του υλικού αυτού έρχονται στην επιφάνεια και εξαπλώνονται σε κατεύθυνση νοτιοδυτική από το σημείο εκβολής. Στη Δυτική λεκάνη του κόλπου φαίνεται να φθάνει πολύ μικρή ποσότητα σωματιδιακού υλικού, καθώς οι τιμές της κοπροστανόλης στο σταθμό S25 ήταν παρόμοιες με αυτές του εξωτερικού Σαρωνικού (S21) και παρέμεναν σταθερές σε όλη τη διάρκεια του έτους. [2]

2.3 ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΡΥΠΑΝΤΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΨΥΤΤΑΛΕΙΑΣ

Σκοπός της μελέτης των ιζημάτων της περιοχής γύρω από την Ψυττάλεια και γενικότερα της ευρύτερης περιοχής του Σαρωνικού κόλπου που επηρεάζεται από τα αστικά λύματα της πρωτεύουσας, είναι η εκτίμηση του ρυπαντικού φορτίου του πυθμένα που οφείλεται τόσο στον καινούργιο αγωγό της Ψυττάλειας, όσο και στον παλιό αγωγό λυμάτων. Με την μέτρηση των ρύπων όχι μόνο στα επιφανειακά ιζήματα αλλά και σε πυρήνες ιζημάτων έγινε προσπάθεια να διερευνηθεί η εξέλιξη της ρύπανσης της περιοχής. Η παράλληλη ανάλυση δειγμάτων του υπερκείμενου νερού στους ίδιους σταθμούς δειγματοληψίας έδωσε πληροφορίες για τυχόν απελευθέρωση ρύπων από τα επιφανειακά ιζήματα στην υπερκείμενη στήλη θαλασσινού νερού. Ως ρυπαντικό φορτίο στη μελέτη αυτή αντιμετωπίζονται ένας αριθμός μεταλλικών στοιχείων, κυρίως βαρέων μετάλλων, ο οργανικός άνθρακας, το

άζωτο, το θείο και ο φώσφορος. Η μελέτη αυτή έγινε σε ένα πλέγμα 21 σταθμών μια φορά κατά την διάρκεια του προγράμματος, τον Μάιο του 2001.

Το σήμα του πεδίου λυμάτων του αγωγού λυμάτων της Ψυττάλειας, τον Μάιο του 2001, ανιχνεύθηκε στους σταθμούς S7 (30,50m), S30 (30m), S32 (30m) και S41 (30m) και ταυτοποιήθηκε με ελάττωση του διαλυμένου οξυγόνου, αύξηση των φωσφορικών, αμμωνιακών και πυριτικών ιόντων, αύξηση του διαλυτού Mn και Ni, και παράλληλα με αύξηση της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων τα οποία βρέθηκαν εμπλουτισμένα σε Cu, Ti και σε μικρότερο ποσοστό Cd. Τα επιφανειακά ιζήματα βρέθηκαν ιδιαίτερα επιβαρυνμένα σε βαρέα μέταλλα όπως φάνηκε από τους υψηλούς λόγους των μετάλλων προς το Al, αλλά και σε σύγκριση με άλλες παράκτιες περιοχές της Ελλάδας. Είναι σημαντικό όμως ότι τα επιφανειακά ιζήματα της περιοχής μελέτης, τουλάχιστον στις περιοχές με μικρό βάθος που είναι και οι πιο επιβαρυνμένες (ανατολικός κόλπος Ελευσίνας, όρμος Κερατσινίου, κ.λ.π.), είναι χονδρόκοκκα με συνέπεια να χρειάζονται πολύ μεγάλη ταχύτητα ρευμάτων για να επαναιωρηθούν και με τον τρόπο αυτό να ελευθερωθούν ρύποι στην υπερκείμενη στήλη του νερού.

Ωστόσο, η απάντηση στο βασικό ερώτημα, εάν η λειτουργία του καινούργιου αγωγού της Ψυττάλειας έχει επιβαρύνει τα ιζήματα της περιοχής, δεν μπορεί να δοθεί ακόμη. Εκτιμάται ότι ο ρυθμός ιζηματογένεσης στην περιοχή μελέτης είναι αρκετά χαμηλός ώστε να δικαιολογεί μεταβολές στις συγκεντρώσεις των επιφανειακών ιζημάτων που να μπορούν να αποδοθούν στην λειτουργία του καινούργιου αγωγού λυμάτων. Εάν κάνουμε την παραδοχή ότι τα ιζήματα συσσωρεύονται στον πυθμένα με ένα ρυθμό έστω 0,1 εκ/έτος, τότε θα χρειαστούν περισσότερα από δέκα έτη για να ανιχνεύσουμε μεταβολές στο πρώτο εκατοστό ιζήματος. Το αποτέλεσμα των αναλύσεων των πυρήνων ιζημάτων είναι μια ιστορική περιγραφή της εξέλιξης της επιβάρυνσης του βυθού σε βαρέα μέταλλα, που όπως φάνηκε τελικά έχει την αρχή της πριν πολλές δεκαετίες και θα μας χρησιμεύσει για σύγκριση στα επόμενα χρόνια. [2]

2.3.1 ΦΥΤΟΠΛΑΓΚΤΟ: ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗΣ, ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΚΑΙ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Στο πελαγικό τμήμα του θαλάσσιου οικοσυστήματος η φωτοσύνθεση επιτελείται κατά κύριο λόγο από το φυτοπλαγκτό, που είναι μικροσκοπικοί πλαγκτονικοί φωτοσυνθετικοί οργανισμοί. Οι συγκεντρώσεις των αλάτων N και P στην εύρωτη ζώνη ελέγχουν τη πρωτογενή (φυτοπλαγκτονική) παραγωγή, ενώ το φως, απαραίτητο ως ενεργειακή πηγή για την φωτοσύνθεση, περιορίζει την ανάπτυξή τους στην εύρωτη ζώνη. Σύμφωνα με τα ανωτέρω, η είσοδος αλλόχθονων θρεπτικών (π.χ. μέσω αστικών ή άλλων βιοδιασπώμενων απόβλητων) προάγει την ανάπτυξη των τοπικών πληθυσμών και γενικά η ανταπόκριση των οικοσυστημάτων σε υψηλές συγκεντρώσεις παραγόντων αύξησης είναι μια επιτάχυνση στο ρυθμό παραγωγικότητας. Το φαινόμενο του ευτροφισμού συνίσταται ακριβώς στην αύξηση της πρωτογενούς παραγωγής και συνεπώς και στη συσσώρευση φυτοπλαγκτονικής βιομάζας (πρωτογενής συνέπεια) που οφείλεται σε αυξημένη παροχή θρεπτικών, καθώς και οι εξ αυτού συνέπειες (δευτερεύουσες). Δευτερεύουσες συνέπειες είναι αλλαγές στη δομή της κοινότητας του πλαγκτού και του βένθους. Οι μεταβολές στην αφθονία και σύνθεση του φυτοπλαγκτού λόγω ευτροφισμού επηρεάζουν διεργασίες και δομές και σε ανώτερα τροφικά επίπεδα.

Στα αρχικά στάδια ευτροφισμού παρατηρείται αύξηση βιομάζας (κυρίως διατόμων). Σε πιο προχωρημένα στάδια παρατηρείται αλλαγή στη σύνθεση ειδών και

δομή μεγεθών στη φυτοπλαγκτονική κοινωνία και επομένως δυνητικά να επηρεάζεται η ροή ενέργειας στο οικοσύστημα. Σε πιο ακραίες καταστάσεις οι μεταβολές φτάνουν σε ανώτερα τροφικά επίπεδα και μεταβάλλουν τη δομή του τροφικού πλέγματος. Η πιο σημαντική μεταβολή στα φυτοπλαγκτονικά είδη αφορά «μετατόπιση» σε λειτουργικές ομάδες, με ιδιαίτερο ενδιαφέρον στη μεταβολή της αναλογίας διατόμων/μαστιγωτών. Έτσι έχει προταθεί ότι ο λόγος Διάτομα/Μαστιγωτά αναμένεται να μειώνεται με την αύξηση του εμπλουτισμού σε θρεπτικά και επομένως θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σαν δείκτης του βαθμού ευτροφισμού. Η μεταβολή στην αναλογία Διατόμων/Μαστιγωτών οφείλεται στη μεταβολή της αναλογίας του Si σε σχέση με N και P, γιατί το Si είναι απαραίτητο για την αύξηση των διατόμων. Μάλιστα η συγκέντρωση $\sim 2 \mu\text{M}$ Si θεωρείται οριακή, κάτω από την οποία η επικράτηση των διατόμων υποχωρεί υπέρ των μαστιγωτών. Επίσης ετήσιος μέσος όρος N/P που μειώνεται διαχρονικά έχει συσχετισθεί με αύξηση των blooms (υπερβολική ανάπτυξη) των Δινομαστιγωτών.

Τέλος ο ευτροφισμός είναι πιθανό να είναι σημαντικός παράγων για την αύξηση των HAB_s (Harmful Algae Blooms = Επιβλαβείς φυτοπλαγκτονικές εξάρσεις) και ιδιαίτερα της σοβαρότητας (π.χ. τοξικές) και διάρκειας αυτών. Ωστόσο η σχέση μεταξύ ευτροφισμού και βιομάζας φυτοπλαγκτού είναι περισσότερο εμφανής, σε σχέση με τις επιπτώσεις του ανθρωπογενούς εμπλουτισμού σε θρεπτικά επί των φυτοπλαγκτονικών ειδών. Από τα ανωτέρω είναι εμφανής η σημασία της μελέτης του φυτοπλαγκτού (βιομάζα ή χλωροφύλλη και αφθονία/σύνθεση σε είδη) σε μελέτες καταγραφής επιπτώσεων από την είσοδο αστικών λυμάτων σε παράκτια οικοσυστήματα. Τα αποτελέσματα για τις κατανομές της χλωροφύλλης, φυτοπλακτονικών πληθυσμών και ρυθμών πρωτογενούς παραγωγής από δειγματοληψίες που έγιναν στον Σαρωνικό κόλπο κατά τη διάρκεια τεσσάρων ετήσιων κύκλων, (Εικόνα 3.1.1) παρουσιάζονται παρακάτω.

Η παροχή θρεπτικών αλάτων στο θαλάσσιο περιβάλλον επηρεάζει την τροφική κατάσταση του Εσωτερικού Σαρωνικού προκαλώντας την ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού. Έτσι η γεωγραφική κατανομή της χλωροφύλλης (ως έκφραση της βιομάζας του φυτοπλαγκτού) ήταν παρόμοια με αυτή των θρεπτικών αλάτων, δηλαδή σταδιακή μείωση των τιμών απομακρυνόμενοι από την Ψυττάλεια. Όμως σημειώθηκαν και μερικές υψηλές τιμές σε σταθμούς απομακρυσμένους από την Ψυττάλεια, φαινόμενο που έχει παρατηρηθεί και σε προηγούμενες μελέτες της περιοχής. Διαφοροποίηση στο χώρο σημειώθηκε και για την πρωτογενή παραγωγή καθώς σημειώθηκαν υψηλότερες τιμές κοντά στην Ψυττάλεια απ'ότι στην περιοχή των Φλεβών. Είναι αξιοσημείωτο ότι τα μέγιστα της πρωτογενούς παραγωγής που καταγράφηκαν την άνοιξη, δεν ανακλώνται πάντοτε σε συσσώρευση βιομάζας (αυξημένες τιμές χλωροφύλλης) παρά μόνον όταν δεν υπάρχει επαρκής θήρευση από το ζωοπλαγκτό. Από το 1998 έως και το 2002 καταγράφηκε μείωση των συγκεντρώσεων της χλωροφύλλης, ενώ από το 2003 και μετά σημειώθηκε μικρή αύξηση των συγκεντρώσεων στον Εσωτερικό Σαρωνικό κόλπο, βασικά λόγω των ανοιξιάτικων μέγιστων τιμών. Σε όλους τους σταθμούς φαίνεται να επικρατεί το εποχιακό πρότυπο κατανομής εύκρατων και υποτροπικών περιοχών με μέγιστα την άνοιξη, αλλά και το φθινόπωρο. Ωστόσο η διαταραχή της εποχιακής εξέλιξης του συστήματος λόγω του ευτροφισμού υποδηλώνεται με τα θερινά μέγιστα, τα οποία σημειώθηκαν στην περιοχή της Ψυττάλειας, χωρίς να φθάνουν όμως τις υψηλές τιμές που είχαν σημειωθεί πριν τη λειτουργία του αγωγού της Ψυττάλειας. Όσον αφορά στην κατακόρυφη επικρατεί το αναμενόμενο πρότυπο με μέγιστες συγκεντρώσεις στα επιφανειακά στρώματα την άνοιξη (οι οποίες είναι γενικά οι υψηλότερες) και σε μεγαλύτερα βάθη το καλοκαίρι, ενώ πριν τη λειτουργία του Κέντρου Επεξεργασίας

Λυμάτων Ψυττάλειας είχαν σημειωθεί πολύ υψηλές τιμές στο επιφανειακό στρώμα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες στην περιοχή της Ψυττάλειας και σε γειτονικούς σταθμούς. Στο Σαρωνικό κόλπο, η επικρατούσα φυτοπλαγκτονική ομάδα είναι τα διάτομα, με σημαντικά μέγιστα την άνοιξη, όπως αναμένεται για τον εποχιακό κύκλο εύκρατης/υποτροπικής περιοχής. Τα δινομαστιγωτά και τα λοιπά μαστιγωτά είναι οι επόμενες σημαντικές ομάδες με σποραδικά ακανόνιστα μέγιστα. Αξιοσημείωτο είναι ότι γενικά δεν παρατηρήθηκαν επιβλαβείς φυτοπλαγκτονικές ανθίσεις (bloom) εκτός από τον Αύγουστο 2003 στον κόλπο της Ελευσίνας. Σε δείγματα φυτοπλαγκτού που αναλύθηκαν από τις περιοχές Πέραμα, Λιμάνι Ελευσίνας, Λουτρόπυργος και Σαλαμίνα καταγράφηκαν πολύ υψηλές συγκεντρώσεις κυρίως των διατόμων αλλά και των δινομαστιγωτών. Η κυριαρχία μεταξύ των διατόμων του είδους *Pseudonitzschia* spp. που είναι είδος δυνητικά τοξικό (βρέθηκε ιδιαίτερα στο Πέραμα, Λιμάνι Ελευσίνας και Λουτρόπυργο), αξίζει ιδιαίτερης προσοχής για την οικολογική κατάσταση της περιοχής. Κατά τη δειγματοληψία που έγινε στις αρχές Σεπτεμβρίου παρατηρήθηκαν εκτεταμένες «κηλίδες ζελατινώδους υφής» στο βόρειο τμήμα του Εσωτερικού Σαρωνικού (ως τους σταθμούς S8 και S11), προερχόμενες από προϊόντα αποσύνθεσης φυτοπλαγκτού, οι οποίες ωστόσο περιείχαν και ζωντανά φυτοπλαγκτονικά κύτταρα και οι οποίες πρέπει να είναι το αποτέλεσμα της προαναφερθείσας «άνθισης» φυτοπλαγκτού. Όσον αφορά την τροφική κατάσταση του Εσωτερικού Σαρωνικού, η εκτίμηση και οι τάσεις εξέλιξης της παρουσιάζονται στην έκθεση στην έκθεση του προγράμματος «Τεχνικός Σύμβουλος Σαρωνικού». Ενδεικτικά αναφέρεται εδώ ότι ο Εσωτερικός Σαρωνικός χαρακτηρίζεται ως ανώτερη μεσότροφη περιοχή. Το οικολογικό μοντέλο προσομοίωσε ικανοποιητικά τη χωρική και χρονική μεταβλητότητα όλων σχεδόν των παραμέτρων, με εξαίρεση τα βάθη επίδρασης του αγωγού.

Επομένως το οικοσύστημα του Σαρωνικού κόλπου, πως φαίνεται από την μελέτη των φυτοπλαγκτονικών παραμέτρων, φαίνεται να παρουσιάζει μια βελτίωση σε σχέση με τα έντονα ευτροφικά προβλήματα των προηγούμενων δεκαετιών, ωστόσο δεν εκλείπουν τελειώς εκφράσεις αυτών των φαινομένων διαταραχής στους σταθμούς που υπήρξαν οι πλέον επιβαρημένοι στο παρελθόν ή γειτνιάζουν με την εκβολή του αγωγού.



Εικόνα 2.18 : Σταθμοί δειγματοληψίας φυτοπλαγκτού [2]

2.3.1 ΖΩΟΠΛΑΓΚΤΟ

Το ζωοπλαγκτό αποτελεί έναν ιδιαίτερα σημαντικό κρίκο της τροφικής αλυσίδας του θαλάσσιου οικοσυστήματος, μέσω του οποίου γίνεται η μεταφορά ενέργειας από τα κατώτερα προς τα ανώτερα τροφικά επίπεδα. Ως εκ τούτου, η μελέτη της σύνθεσης και της κατανομής του είναι απαραίτητη για την εκτίμηση της κατάστασης ενός θαλάσσιου οικοσυστήματος που δέχεται ανθρωπογενείς επιδράσεις, όπως ο Σαρωνικός. Στα πλαίσια αυτής του προγράμματος μελετήθηκαν οι βιοκοινωνίες του ζωοπλαγκτού και διερευνήθηκαν οι επιπτώσεις στις βιοκοινωνίες που σχετίζονται με την επίδραση του κεντρικού αποχετευτικού αγωγού της Ψυττάλειας στη διάρκεια των ετών 2000-2004.

Η σύγκριση των μέσων ετήσιων τιμών της βιομάζας του ζωοπλαγκτού για όλα τα έτη των δειγματοληψιών από το 1998 ως το 2004 έδειξε ότι στο κόλπο της Ελευσίνας (σταθμοί S1 και S2) σημειώθηκε σταδιακή αύξηση των τιμών με τη μεγαλύτερη τιμή να έχει παρατηρηθεί στο σταθμό S1 την περίοδο 2003-2004 η οποία ήταν 3 φορές μεγαλύτερη από εκείνη του 1998-1999. Στον όρμο του Κερατσινίου οι τιμές της βιομάζας δεν παρουσίασαν σημαντική διαφοροποίηση για τα έτη 1998 ως 2002 ενώ ήταν σχεδόν διπλάσιες την περίοδο 2002-03. Τη χρονική περίοδο 2003-2004 οι τιμές εξακολουθούν να είναι υψηλές αλλά σχετικά χαμηλότερες από την προηγούμενη περίοδο. Στον Εσωτερικό Σαρωνικό οι μέσες τιμές της βιομάζας κυμάνθηκαν σε παρόμοια επίπεδα για τη χρονική περίοδο από 1998 ως 2002 ενώ σημαντική ήταν η αύξηση των μέσων τιμών της τη χρονική περίοδο 2002-03. τη χρονική περίοδο 2003-04 οι μέσες τιμές της βιομάζας μειώθηκαν λίγο στους περισσότερους σταθμούς του Εσωτερικού Σαρωνικού εκτός από το σταθμό της Ψυττάλειας στον οποίο παρατηρήθηκε μικρή αύξηση της μέσης ετήσιας τιμής. Στο σταθμό του Εξωτερικού Σαρωνικού (S21) η μέση τιμή της περιόδου 2003-04 ήταν σχεδόν διπλάσιες από εκείνες που σημειώθηκαν τα προηγούμενα χρόνια, ενώ ο σταθμός της Δυτικής Λεκάνης παρουσιάζει μικρές διαφορές στις τιμές της βιομάζας για το χρονικό διάστημα 2000 ως 2004 οι οποίες όμως είναι 2-3 φορές μεγαλύτερες από τη μέση ετήσια τιμή της περιόδου 1998-99.

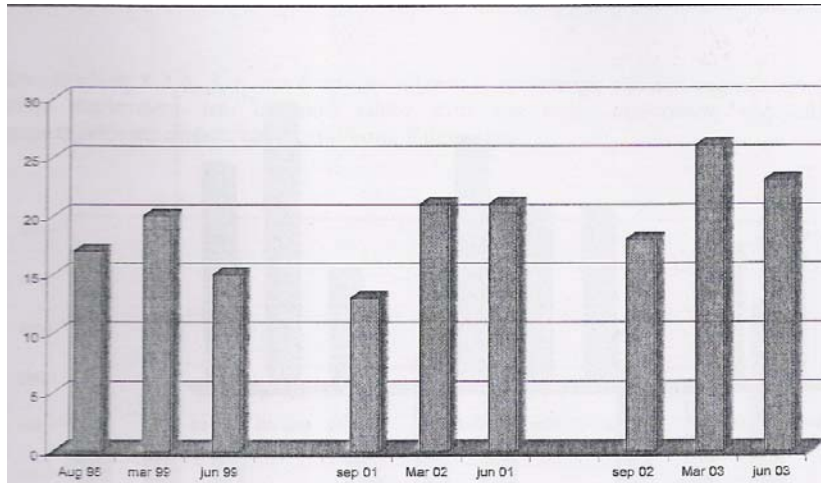
Έτσι λοιπόν, από τις μελέτες που πραγματοποιήθηκαν φάνηκε η διαφοροποίηση της βιοκοινωνίας του κόλπου της Ελευσίνας τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά από αυτή του υπόλοιπου Σαρωνικού. Η διαφοροποίηση αυτή ήταν εμφανής και τις τέσσερις εποχές δειγματοληψιών όλων των ετών (1998 ως 2004) και αυτό οφείλεται στην κυριαρχία ειδών ανθεκτικών στη ρύπανση και στη μικρή ποικιλότητα των ειδών (διαταραγμένη βιοκοινωνία) στον κόλπο της Ελευσίνας. Η διαφοροποίηση αυτή έχει παρατηρηθεί και πριν τη λειτουργία του Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυττάλειας και οφείλεται τόσο στο ρυπαντικό που εξακολουθεί να δέχεται η περιοχή όσο και στη μορφολογία της. Είναι αξιοσημείωτο ότι η βιομάζα του ζωοπλαγκτού στον κόλπο της Ελευσίνας παρουσίασε έντονες εποχιακές διακυμάνσεις, γεγονός που έχει παρατηρηθεί και σε προηγούμενες μελέτες. Αντίθετα στον Εσωτερικό Σαρωνικό ο εποχικός κύκλος ήταν πιο σταθερός με μέγιστες τιμές την άνοιξη και ενίοτε το καλοκαίρι, όπως παρατηρείται σε παράκτιες μεσογειακές περιοχές. Αξιοσημείωτη είναι επίσης η αυξητική τάση των τιμών της βιομάζας από το 1987 ως το 2004, τόσο στον κόλπο της Ελευσίνας όσο και στον Εσωτερικό Σαρωνικό. Όμως οι μέσες τιμές των ετών 2003 και 2004 στον κόλπο της Ελευσίνας είναι παρόμοιες με τις μέσες τιμές των ετών 1984 και 1985, ενώ στον Εσωτερικό Σαρωνικό οι τιμές 1984-85 ήταν στα ίδια ή και χαμηλότερα επίπεδα με το 1987. συνεπώς η αυξητική τάση που

σημειώθηκε και στις δυο περιοχές δεν μπορεί να αποδοθεί στα ίδια αίτια. Για τον Εσωτερικό Σαρωνικό είναι πιθανόν η αυξητική τάση να οφείλεται και στη σταδιακή αύξηση του όγκου των παρεχόμενων λυμάτων από το 1996 και μετά.

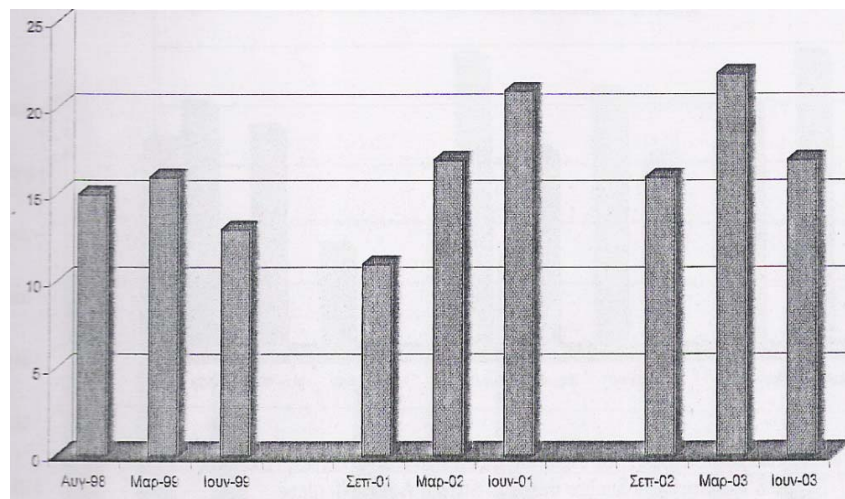
Η επίδραση όμως του αγωγού της Ψυττάλειας φαίνεται ότι έχει επηρεάσει μόνο ποσοτικά την ζωοπλαγκτονική βιοκοινωνία του Εσωτερικού Σαρωνικού, καθώς η βιοκοινωνία χαρακτηρίζεται ως ισορροπημένη με μεγάλη ποικιλότητα ειδών και ομάδων και με πολλές τροφικές κατηγορίες (τροφικό πλέγμα με πολλά επίπεδα). [2]

2.3.1 ΦΥΤΟΒΕΝΘΟΣ

Τα φυτά του βυθού (φυτοβένθος) αποτελούν έναν αξιόπιστο δείκτη της τροφικής κατάστασης του παράκτιου χώρου. Χρησιμοποιούνται επίσης ως στοιχείο εκτίμησης της οικολογικής ποιότητας (quality element) στην Ευρωπαϊκή Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα (WFD, 2000/60/ΕΕ). Ιδιαίτερα τα μακροφύκη που ζούν σε μικρό βάθος (<1 μέτρο) πάνω στα βράχια της ακτής (φυτοβένθος της ανώτερης υποπαράλιας ζώνης, σε σκληρό υποστρώμα), θεωρούνται από τους καλύτερους δείκτες. Οι φυτοβενθικές βιοκοινωνίες του σκληρού υποστρώματος της ανώτερης υποπαράλιας ζώνης (σε βάθος 1 – 2 m) παρουσίασαν μερικές αλλαγές σε σχέση με το 1998-99. Έτσι στην περιοχή της Κακής Βίγλας (περιοχή που βρίσκεται στις ακτές της Σαλαμίνας και κοντά στον αγωγό) παρατηρήθηκε υποχώρηση των νιτρόφυλων Χλωροφυκών κατά τις θερινές δειγματοληψίες (θετικό), χωρίς όμως να εγκατασταθούν μεγάλα Φαιοφύκη (αρνητικό). Στο νοτιοδυτικό άκρο της Σαλαμίνας, στα Περιστέρια, υποχώρησαν τα νιτρόφυλα Χλωροφύκη κατά τις θερινές δειγματοληψίες (θετικό), αλλά υποχώρησαν και τα μεγάλα Φαιοφύκη (αρνητικό). Ο περιορισμός των θερινών εξάρσεων των Χλωροφυκών υποδηλώνει ότι η εικόνα των ακτών του Σαρωνικού για τους παραθεριστές βελτιώθηκε. Είναι αξιοσημείωτη η αλλαγή που σημειώθηκε στην περιοχή του Αγ.Κοσμά, η οποία το 1998-99 παρουσίαζε βιοκοινωνίες σε καλύτερη κατάσταση από αυτές τις Κακής Βίγλας. Στην περίοδο 2000-04 υποχώρησαν τα μεγάλα Φαιοφύκη (αρνητικό), και δεν υποχώρησαν τα νιτρόφυλα Χλωροφύκη (αρνητικό). Η υποβάθμιση αυτή φαίνεται να σχετίζεται με τις επιπτώσεις των παρακείμενων ολυμπιακών έργων, στην διάρκεια των οποίων μεγάλες ποσότητες ιλύος και άλλων υποπροϊόντων των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων κατέληξαν στο θαλάσσιο αποδέκτη. Στην περίπτωση αυτή, ο σταθμός αναμένεται να ανακάμψει μέσα στα επόμενα χρόνια. Στις εικόνες 8.3 α, β, γ και δ παρουσιάζεται η σύγκριση της αφθονίας των νιτρόφυλων Χλωροφυκών και εκείνη των μεγάλων Φαιοφυκών στους σταθμούς Περιστέρια-Σαλαμίνα, Κακή-Βίγλα, Άγιος Κοσμάς-Ελληνικό, Άγιος Νικόλαος-Ανάβυσσος αντίστοιχα, που μελετήθηκαν στις τρεις χρονικές περιόδους (1998-99, 2001-02 και 2002-03). Στις Εικόνες 2.19 και 2.20 παρουσιάζεται η εξέλιξη του αριθμού ειδών ανά δειγματοληψία στους σταθμούς ΠΣ, ΚΒ, ΑΚ και ΑΝ αντίστοιχα. [2]



Εικόνα 2.19: Τάσεις μεταβολής του Αριθμού των Ειδών στο Σταθμό Περιστερία. [2]



Εικόνα 2.20: Τάσεις μεταβολής του Αριθμού Ειδών στο Σταθμό Κακή Βίγλα.[2]

2.4 ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι βενθικοί οργανισμοί λόγω της άμεσης και μόνιμης επαφής τους με το βυθό αποτυπώνουν με σαφήνεια περιβαλλοντικές αλλαγές μικρής ή μεγάλης έντασης και διάρκειας. Έτσι η σύνθεση και η δομή των βενθικών βιοκοινωνιών αντανακλούν αξιόπιστα τις περιβαλλοντικές συνθήκες και περιγράφουν την κατάσταση ολόκληρου του θαλάσσιου οικοσυστήματος, χρησιμεύουν δηλαδή ως "βιβλία ιστορίας του περιβάλλοντος". Αλλαγές σημειώθηκαν επίσης και στις ζωοβενθικές κοινωνίες του μαλακού υποστρώματος. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η βιοκοινωνία στο σταθμό της Ψυττάλειας, καθώς από μια πολύ υποβαθμισμένη βιοκοινωνία που είχε προσδιοριστεί τον Απρίλιο του 1990, τον Ιανουάριο του 1999 παρατηρήθηκε μια ανάκαμψη. Μετά το 2000 όμως, η βιοκοινωνία φαίνεται ότι υποβαθμίστηκε εκ νέου σε μια φτωχή βιοκοινωνία που βρίσκεται στο πρώτο στάδιο αντίδρασης από έντονη οργανική ρύπανση. Η υποβάθμιση αυτή της βιοκοινωνίας στην περιοχή ήταν

αναμενόμενη καθώς από το 1994 και μετά δέχεται μεγαλύτερη επιβάρυνση σε οργανικό φορτίο διότι ο αγωγός είναι ακριβώς στην περιοχή αυτή (ενώ πριν το 1994 ήταν στο Κερατσίνι) και μάλιστα εκβάλλει στα 60 m (ενώ πριν το 1994 η εκβολή ήταν επιφανειακή), οπότε οι βιοκοινωνίες που βρίσκονται σε βάθος 70 m επηρεάζονται άμεσα.

Γενικά οι βιοκοινωνίες βελτιώνονται απομακρυνόμενοι από την Ψυττάλεια αλλά σημειώθηκε διαφοροποίηση μεταξύ των δυτικών και ανατολικών σταθμών. Οι σταθμοί στο δυτικό άξονα παρουσίασαν γενικά αναβάθμιση των βιοκοινωνιών τους σε σχέση με το 1989 αν και σημειώθηκαν διακυμάνσεις, γεγονός που υποδεικνύει την ανάγκη συνεχούς παρακολούθησης της περιοχής. Αντίθετα στον ανατολικό άξονα του Εσωτερικού Σαρωνικού παρατηρείται μια υποβάθμιση από το 1989 έως σήμερα. Στο σταθμό ανοιχτά του Αγίου Κοσμά (S11) αυτό πιθανόν σχετίζεται με τις συνθήκες διασποράς και την ποιότητα του λύματος αλλά και τα παράκτια έργα της περιοχής του Αγίου Κοσμά (Ολυμπιακά έργα). Αντίστοιχη υποβάθμιση, ενός άριστα δομημένου οικοσυστήματος το 1989, παρατηρείται στο σταθμό S16 (Καβούρι). Δεδομένης της μεγάλης απόστασης από τον αγωγό και της επικρατούσας κυκλοφορίας που μεταφέρει τα λύματα προς τα νοτιοδυτικά η υποβάθμιση δεν μπορεί να αποδοθεί στην επίδραση του αγωγού της Ψυττάλειας. Αντίθετα είναι πιθανόν να οφείλεται σε κάποιες ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως η διέλευση πλοίων ή και η αλιεία με μηχανότρατα.

Ο Εξωτερικός Σαρωνικός, (αν και αντιπροσωπεύεται από έναν μόνο σταθμό στην παρούσα μελέτη αλλά και στις προηγούμενες θεωρείται ως σταθμός αναφοράς) εξακολουθεί να παραμένει oligότροφη περιοχή, με τιμές θρεπτικών αλάτων και χλωροφύλλης μικρότερες από αυτές του Εσωτερικού Σαρωνικού και λίγο υψηλότερες από αυτές που έχουν σημειωθεί στο Αιγαίο πέλαγος. Οι τιμές των νιτρικών αλάτων σημείωσαν μικρή άνοδο ως το Μάιο 2002 και μετά μικρή πτώση. Αντίθετα οι τιμές της χλωροφύλλης παρουσίασαν σταδιακή μείωση ως το Μάιο 2002 και μετά ακολούθησε μικρή αύξηση, εξέλιξη παρόμοια με αυτή που σημειώθηκε και στον Εσωτερικό Σαρωνικό κόλπο. Γενικά οι πλαγκτονικές βιοκοινωνίες παρουσιάζουν αυξημένη ποικιλότητα ειδών λόγω και της γειννίας με το Αιγαίο πέλαγος. Επίσης οι φυτοβενθικές βιοκοινωνίες χαρακτηρίζονται από την κυριαρχία των φαιοφυκών, ειδών-δεικτών μη διαταραγμένης περιοχής και δεν παρουσίασαν αλλαγές στη σύνθεση και στη δομή τους σε σχέση με το 1998-99. Οι πρώτες μελέτες του φυτοβένθους στον Σαρωνικό κόλπο έγιναν στις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Νεότερες μελέτες (1983-1987) έδωσαν σημαντικές πληροφορίες για την αφθονία και την σύνθεση των φυτοβενθικών πληθυσμών, σε σχέση με το πρόβλημα της αστικής και βιομηχανικής ρύπανσης της θαλάσσιας περιοχής που επηρεάζεται από το λεκανοπέδιο της Αθήνας. Ο συνολικός αριθμός ειδών που βρέθηκε σε κάθε σταθμό και η συνολική κάλυψη του υποστρώματος από το φυτοβένθος δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές στις τρεις χρονικές περιόδους (1998-99, 2001-02 και 2002-03).

Αντίθετα οι ζωοβενθικές βιοκοινωνίες έχουν σχετικά χαμηλή ποικιλότητα γεγονός που, όπως μαρτυρεί η οικολογική ταυτότητα των ειδών που βρέθηκαν, πρέπει να αποδοθεί μάλλον σε άλλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες (αλιεία με μηχανότρατα, διέλευση πλοίων) παρά στην επίδραση του Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυττάλειας.

Ο κόλπος της Ελευσίνας λόγω της μορφολογίας και της υδρολογίας του αποτελεί ένα ευαίσθητο οικοσύστημα το οποίο εξακολουθεί να είναι υποβαθμισμένο λόγω των ανθρωπογενών επιδράσεων η κυριότερες από τις οποίες είναι η ρύπανση. Ο εύτροφος χαρακτήρας της περιοχής επιβεβαιώθηκε και με την παρούσα μελέτη δεδομένου ότι οι συγκεντρώσεις φωσφορικών, νιτρικών, αμμωνιακών, σωματιδιακού

οργανικού άνθρακα, καθώς και της βιομάζας φυτοπλαγκτού και ζωοπλαγκτού ήταν σημαντικά υψηλότερες (έως και τριπλάσιες) από αυτές που σημειώθηκαν στον Εσωτερικό Σαρωνικό κόλπο με εξαίρεση τον πλησιέστερο προς τον αγωγό σταθμό S7 για ορισμένες παραμέτρους (αμμωνιακά και φωσφορικά άλατα, σωματιδιακός οργανικός άνθρακας). Η στρωμάτωση των υδάτινων μαζών κατά τους θερμούς μήνες και η συσσώρευση οργανικού υλικού κάτω από το πυκνοκλινές εξακολουθούν να έχουν ως συνέπεια την κατανάλωση του διαλυμένου οξυγόνου στο βαθύτερο στρώμα, η οποία την περίοδο Ιουλίου – Οκτωβρίου είναι πλήρης (ανοξία) και τον εμπλουτισμό σε θρεπτικά άλατα, όπως είχε παρατηρηθεί από τη δεκαετία του '70 και ύστερα. Οι συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου και των θρεπτικών αλάτων επανέρχονται σε φυσιολογικά επίπεδα μετά το Νοέμβριο. Από το 1998 ως το 2004 σημειώθηκε μια τάση αύξησης του διαλυμένου οξυγόνου και των νιτρικών ενώ αντίθετα παρατηρήθηκε μικρή τάση μείωσης των φωσφορικών. Οι τιμές της χλωροφύλλης παρουσίασαν πτωτική τάση ως το 2001-02 και μετά σημειώθηκε αυξητική τάση, όπως και στον Εσωτερικό Σαρωνικό. Η διαταραχή της εποχιακής εξέλιξης του ευτροφικού συστήματος υποδηλώνεται με τα θερινά μέγιστα, χωρίς να φθάνουν όμως τις υψηλές τιμές που είχαν σημειωθεί πριν τη λειτουργία του αγωγού της Ψυττάλειας (1994). Η βιομάζα του ζωοπλαγκτού στο κόλπο της Ελευσίνας παρουσιάζει έντονες εποχιακές διακυμάνσεις με έντονες αυξητικές τάσεις και η βιοκοινωνία διαφοροποιείται από εκείνη του κυρίως Σαρωνικού λόγω της κυριαρχίας ειδών ανθεκτικών στη ρύπανση και της μικρής ποικιλότητας των ειδών (διαταραγμένη βιοκοινωνία). Η εικόνα αυτή ήταν σταθερή σε όλα τα έτη των δειγματοληψιών. Παρόλο που σημειώθηκε αύξηση του οργανικού άνθρακα των ιζημάτων της περιοχής, όσο και αν φαίνεται παράδοξο, υπάρχει μια θεαματική βελτίωση της βιοποικιλότητας στην περιοχή της Ελευσίνας, με επανεποίκιση των έντονα ρυπασμένων έως αζωικών ζωνών. Οι βελτιώσεις αυτές αποδίδονται αφ' ενός στη μείωση του οργανικού φορτίου από το 1989 μέχρι το 1999, λόγω της λειτουργίας του Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυττάλειας, και αφετέρου στην μερική αποβιομηχάνιση της περιοχής. Η σχετικά αυστηρή περιβαλλοντική πολιτική της τελευταίας δεκαετίας για την εγκατάσταση σταθμών επεξεργασίας βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων φαίνεται να έχει θετικά αποτελέσματα.

Στον όρμο του Κερατσινίου, ο οποίος παρουσίαζε στο παρελθόν έντονη διατάραξη του οικοσυστήματος με απουσία ζωοβενθικών βιοκοινωνιών ως το 1989 (αζωική περιοχή), έδειξε μια θεαματική σταδιακή βελτίωση των ζωοβενθικών βιοκοινωνιών, κατατασσόμενος στη ζώνη της μέτριας ρύπανσης. Αυτή η βελτίωση αποδίδεται στην απομάκρυνση του αγωγού λυμάτων από την περιοχή μετά το 1994. Η περιοχή εξακολουθεί να είναι εύτροφη όπως δείχνουν οι παράμετροι της υδάτινης στήλης (θρεπτικά άλατα και χλωροφύλλη), οι τιμές των οποίων είναι πιο ψηλές σε σχέση με τον Εσωτερικό Σαρωνικό. Παρόλο ότι η περιοχή αυτή δεν υφίσταται συνεχή και άμεση επίδραση από πεδίο λυμάτων της Ψυττάλειας λόγω της ύπαρξης ηβώματος στις διόδους με τον Εσωτερικό Σαρωνικό, εξακολουθεί να παραμένει διαταραγμένη λόγω της ανακύκλωσης της συσσωρευμένης από το παρελθόν οργανικής ύλης και του κλειστού χαρακτήρα του όρμου αλλά και μιας πιθανής τροφοδοσίας της υδάτινης στήλης σε θρεπτικά άλατα και οργανική ύλη από το πολύ επιβαρυνμένο ιζήμα. Κατά την περίοδο 1998-2004 σημειώθηκε μικρή αύξηση των συγκεντρώσεων του διαλυμένου οξυγόνου και των νιτρικών, ενώ τα φωσφορικά άλατα σημείωσαν πτωτική τάση. Η βιομάζα του φυτοπλαγκτού παρουσίασε τις ίδιες διαχρονικές διακυμάνσεις με αυτές που σημειώθηκαν στον Εσωτερικό Σαρωνικό και οι εποχικές διακυμάνσεις χαρακτηρίζονται από την παρουσία ανοιξιάτικων και θερινών μέγιστων τιμών, όπως και στον κόλπο της Ελευσίνας.

Ένα σημαντικό ερώτημα που κατά τη μελέτη του 1998-99, ήταν κατά πόσον υπάρχει παροχή οργανικού φορτίου και θρεπτικών αλάτων από τον Εσωτερικό Σαρωνικό προς τη Δυτική λεκάνη, λόγω της παρατηρηθείσας σταδιακής μείωσης της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου με παράλληλη αύξηση των θρεπτικών αλάτων στο βαθύ στρώμα της περιοχής. Για το σκοπό αυτό έγιναν μετρήσεις σωματιδιακού οργανικού άνθρακα, θρεπτικών αλάτων και ρευμάτων στη δίοδο Σαλαμίνας-Αίγινας, μελετήθηκε η εξέλιξη των φυσικών και χημικών παραμέτρων στην περιοχή, εκτιμήθηκε η κατανάλωση οξυγόνου λόγω της διάσπασης της οργανικής ύλης και διερευνήθηκε μέσω αριθμητικού μοντέλου η εξάπλωση παθητικού δείκτη από τον αγωγό της Ψυττάλειας προς τη Δυτική λεκάνη. Οι εκτιμηθείσες ροές έδειξαν ότι υπάρχει μια δυναμική ανταλλαγή νερού και θρεπτικών μεταξύ Εσωτερικού Σαρωνικού κόλπου και Δυτικής λεκάνης, η οποία επηρεάζεται έντονα από τους σχηματισμούς της κυκλοφορίας (π.χ μαιανδρισμοί). Από τις μετρήσεις που έγιναν, οι εκτιμηθείσες παροχές εξόδου δεν διαφέρουν σημαντικά από τις παροχές εισόδου θρεπτικών. Πρέπει όμως να τονισθεί ότι οι υπολογισθείσες παροχές εισόδου θρεπτικών προς τον Εσωτερικό Σαρωνικό δεν αντιπροσωπεύουν είσοδο αποκλειστικά από τη Δυτική λεκάνη αλλά συχνά επανακυκλοφορία νερού και θρεπτικών της ευρύτερης περιοχής της δίοδου. Λόγω αυτών των σχηματισμών είναι δύσκολη η εκτίμηση της καθαρής παροχής θρεπτικών από τον Εσωτερικό Σαρωνικό προς τη Δυτική λεκάνη και αντίστροφα. Επίσης οι τιμές της κοπροστανόλης στην περιοχή είναι στα ίδια επίπεδα με αυτές στον Εξωτερικό Σαρωνικό και επομένως δεν συνηγορούν στην υπόθεση της τροφοδοσίας της Δυτικής λεκάνης με υλικό από τον αγωγό. Επομένως η παρατηρηθείσα σταδιακή μείωση του οξυγόνου πρέπει να οφείλεται στη μη ανάμειξη της υδάτινης στήλης λόγω κλιματικών συνθηκών. Οι ζωοβενθικές βιοκοινωνίες της περιοχής φαίνεται να έχουν επηρεασθεί από τη σταδιακή έλλειψη οξυγόνου και αύξηση του οργανικού φορτίου στο ίζημα διότι παρουσίασαν σταδιακή υποβάθμιση από το 1998 και ύστερα.

Συνοψίζοντας και συγκρίνοντας την κατάσταση του οικοσυστήματος του Σαρωνικού πριν και μετά τη λειτουργία του Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυττάλειας, μπορεί να πει κανείς ότι ύστερα από δέκα χρόνια λειτουργίας σημειώθηκαν σημαντικές αλλαγές στο Σαρωνικό κόλπο. Οι αλλαγές αυτές αφενός αφορούσαν ορισμένες παραμέτρους του οικοσυστήματος ή ορισμένες περιοχές, αφετέρου δε υποδηλώνουν άλλοτε υποβάθμιση και άλλοτε βελτίωση. Στις θετικές επιπτώσεις της λειτουργίας του Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυττάλειας περιλαμβάνονται η σημαντική αναβάθμιση του κόλπου της Ελευσίνας και του όρμου Κερασινίου, αν και εξακολουθούν να έχουν τα χαρακτηριστικά διαταραγμένων περιοχών λόγω των συσσωρευθέντων ρυπαντικών φορτίων. Αυτή η βελτίωση οφείλεται στο γεγονός ότι η επίδραση των εκβαλομένων λυμάτων είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με πριν το 1994, διότι ο αγωγός εκβάλλει σε μεγαλύτερη απόσταση και βαθιά και έχουν υποστεί πρωτοβάθμια επεξεργασία. Επίσης ήταν εντυπωσιακή η ελάττωση των φαινομένων υπερβολικής ανάπτυξης του φυτοπλαγκτού που δημιουργούν «ερυθρές παλίρροιες» στις παραπάνω περιοχές αλλά και στην περιοχή της Ψυττάλειας. Αντίστοιχα μειώθηκαν οι «εξάρσεις» των χλωροφυκών στις ακτές της Σαλαμίνας και βελτιώθηκαν οι ζωοβενθικές βιοκοινωνίες στην περιοχή που βρίσκεται νοτιοδυτικά της Ψυττάλειας. Αυτές οι αλλαγές οφείλονται στην εκβολή των λυμάτων στο βαθύ στρώμα νερού, έτσι ώστε το καλοκαίρι να μην εμπλουτίζεται το επιφανειακό στρώμα με θρεπτικά άλατα τα οποία ευνοούν την ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού και του φυτοβένθους και ιδιαίτερα των νιτρόφυλων χλωροφυκών. Η βαθιά διάχυση όμως είχε το αρνητικό αποτέλεσμα της υποβάθμισης των βενθικών βιοκοινωνιών στην περιοχή της Ψυττάλειας σε σχέση με

την περίοδο πριν το 1994, αυτό όμως ήταν αναμενόμενο και από την άμεση γειτνίαση με τον αγωγό. Όσον αφορά τη μικρή υποβάθμιση των φυτοβενθικών και ζωοβενθικών βιοκοινωνιών στην περιοχή του Αγ. Κοσμά, αυτές πρέπει να οφείλονται στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος από τα Ολυμπιακά έργα στην περιοχή, παρά στον αγωγό της Ψυττάλειας, καθώς η περιοχή δέχεται σπανιότερα την επίδραση του πεδίου λυμάτων λόγω της επικρατούσας κυκλοφορίας. Επίσης η υποβάθμιση που σημειώθηκε στις ζωοβενθικές βιοκοινωνίες στην περιοχή των Φλεβών πρέπει να οφείλεται σε άλλους ανθρωπογενείς παράγοντες (διέλευση πλοίων ή και μηχανότρατες) παρά στην επίδραση των λυμάτων, καθώς ουδέποτε ανιχνεύτηκε επίδρασή τους στην περιοχή λόγω της επικρατούσας κυκλοφορίας. Παρόλα αυτά οι ανοδικές τάσεις μερικών θρεπτικών αλάτων και της βιομάζας του ζωοπλαγκτού, η αυξητική τάση της βιομάζας του φυτοπλαγκτού την άνοιξη του 2003 και 2004, καθώς και η σημειωθείσα το καλοκαίρι 2003 και «άνθιση» φυτοπλαγκτού και η αφθονία είδους «δυσνητικά τοξικού» στον Εσωτερικό Σαρωνικό, κάνουν αναγκαία την περαιτέρω επεξεργασία των λυμάτων. Η λειτουργία της δεύτερης φάσης στο Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυττάλειας από το 2005 και μετά αναμένεται ότι θα έχει σταματήσει καταρχήν τις παρατηρηθείσες αρνητικές επιπτώσεις και στη συνέχεια θα έχει επιτρέψει την ανάκαμψη όλων των παραμέτρων του οικοσυστήματος, φυσικά ύστερα από αρκετά χρόνια. Η συνέχιση της παρακολούθησης του οικοσυστήματος του Σαρωνικού κόλπου είναι αναγκαία τόσο σε αυτή τη μεταβατική φάση, όσο και αργότερα, όπως απορρέει άλλωστε και από την εφαρμογή της Κοινοτικής Οδηγίας για τα Νερά (WFD, 2000/60/EC).

ΕΝΟΤΗΤΑ 3 – ΜΟΝΑΔΑ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΙΛΥΟΣ ΨΥΤΤΑΛΕΙΑΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το έργο της μονάδας Ξήρανσης Ιλύος του Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυττάλειας δημοπρατήθηκε από την ειδική υπηρεσία του ΥΠΕΧΩΔΕ την ΕΥΔΕ/ΑΕΛΜΠ και ανατέθηκε στις 10-3-06 στην κοινοπραξία ΑΚΤΩΡ ΑΤΕ – ΑΘΗΝΑ ΑΤΕ. Σύμφωνα με τη σύμβαση ο συμβατικός χρόνος ολοκλήρωσης της κατασκευής είναι 14 μήνες, εν συνεχεία 4 μήνες δοκιμαστικής λειτουργίας και 14 μήνες κανονικής λειτουργίας. Η λειτουργία του εργοστάσιου ξεκίνησε τον Μάιο του 2007. Η δυναμικότητα της Μονάδας Ξήρανσης της Ψυττάλειας θα καλύπτει τις ανάγκες όλης της Αττικής δηλαδή θα μπορεί να παραλαμβάνει την παραγόμενη ιλύ και άλλων Κέντρων Επεξεργασίας Λυμάτων όπως της Μεταμόρφωσης, του Θριασίου κλπ.

Το έργο αυτό αναμένεται να δώσει οριστική λύση στο τεράστιο πρόβλημα της διαχείρισης της λυματολάσπης της Ψυττάλειας, η οποία μέχρι μεταφέρεται με πλοία στο εξωτερικό (Γερμανία) με κόστος 140 Ευρώ ανά τόνο. Η μονάδα ξεκίνησε να κατασκευάζεται τον Μάρτιο του 2006 από την κοινοπραξία Ακτωρ Α.Τ.Ε.- Αθηνά Α.Τ.Ε. με χρόνο αποπεράτωσης τον Μάιο του 2007 (14 μήνες). Το εργοστάσιο που υπάρχει πλέον στην Ψυττάλεια λειτουργεί με τη μέθοδο της θερμικής ξήρανσης που θα γίνεται από 4 περιστρεφόμενα τύμπανα στη θερμοκρασία των 400 έως 500 βαθμών Κελσίου. Η λυματολάσπη θα ξηραίνεται και θα γίνεται μία πλήρως υγιεινοποιημένη, ξηρή ιλύς σε κόκκους, πολύ μικρότερου όγκου από την αφυδατωμένη. Η κατασκευή της μονάδας ξήρανσης αποτελεί ένα πρωτόγνωρο έργο για τα ελληνικά δεδομένα. Πρόκειται για ένα δύσκολο και απαιτητικό τεχνικά έργο. Το εντυπωσιακό στην συγκεκριμένα κατασκευή είναι ότι ξεκίνησε να κατασκευάζεται ουσιαστικά από μέσα προς τα έξω. Δηλαδή πρώτα έπρεπε να τοποθετηθούν τα επιμέρους μηχανήματα όπως για παράδειγμα τα περιστρεφόμενα τύμπανα (τα οποία ήρθαν από το εξωτερικό και συγκεκριμένα από την Αυστρία) κτλ. και μετά να τοποθετηθεί η μεταλλική κατασκευή, τα πάνελ και τα υπόλοιπα τμήματα του έργου. Όλα λοιπόν όπως σημειώνει ο κ. Σαββόπουλος έπρεπε να γίνουν με μεγάλη ακρίβεια και να υπάρχει ένα οργανόγραμμα για το πότε θα μπει το κάθε κομμάτι. Παράλληλα όμως προσθέτει «ήταν πολύ κρίσιμο το κάθε μηχανήμα να είναι στο εργοτάξιο στην ώρα του. Δεν μπορούσαμε να συνεχίζουμε την ανέγερση του μεταλλικού φορέα στο πιο πάνω πατάρι αν δεν είχε μπει το μίξερ για παράδειγμα». Σήμερα στο εργοτάξιο δουλεύουν γύρω στα 50 έργα αλλά συνολικά μαζί με τους τεχνίτες που εργάζονται και στα μηχανουργία για τα επιμέρους στοιχεία του έργου ανέρχονται στα 200 άτομα. Σημειώνεται ότι τα επιμέρους τμήματα της μεταλλικής κατασκευής έχουν κατασκευαστεί εξ' ολοκλήρου στην Ελλάδα και συναρμολογούνται στο εργοτάξιο. Σχετικά με την επιλογή του συγκεκριμένου τρόπου ξήρανσης ο κ. Καλαϊτζής σημείωσε ότι «Υπάρχουν διάφοροι τρόποι ξήρανσης. Εμείς εδώ επιλέξαμε την μέθοδο ξήρανσης με περιστρεφόμενα τύμπανα». Ο υπεύθυνος Μηχανικός του έργου της ξήρανσης της Κοινοπραξίας Ακτωρ Α.Τ.Ε.- Αθηνά Α.Τ.Ε. κ. Σάββας Σαββόπουλος, συμπληρώνοντας υποστήριξε ότι: «Αυτό γίνεται γιατί είναι πολύ μεγάλη μονάδα. Δηλαδή, η δυναμικότητα εξάτμισης που θέλουμε ανά ώρα είναι τόσο μεγάλη που η πιο ενδεδειγμένη τεχνολογία είναι τα περιστρεφόμενα τύμπανα». Στη συνέχεια άρχισε η 4μηνη δοκιμαστική λειτουργία και ακολούθησε 15μηνη λειτουργία από τον εργολάβο προκειμένου να παράγονται οι συμβατικές αποδόσεις ξηραμένου προϊόντος δηλαδή 78% ξηρότητα. Σημειώνεται ότι το τελικό προϊόν είναι υπό την μορφή κόκκων (5 χιλιοστά). Με την ξήρανση εκτός από τα πλεονεκτήματα στη διάθεση και μεταφορά που προκύπτουν από τη μείωση του βάρους της προς διάθεση ιλύος, επιτυγχάνεται και η πλήρης υγιεινοποίηση της χωρίς απώλεια των οργανικών και θρεπτικών συστατικών της. Έτσι το ξηραμένο προϊόν είναι εύχρηστο και ελκυστικό και μπορεί να

χρησιμοποιηθεί σαν πρώτη ύλη καύσιμο σε τσιμεντοβιομηχανίες και θερμοηλεκτρικούς σταθμούς καθώς και για λίπασμα για γεωργική χρήση. [3]

3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

Στις εγκαταστάσεις του Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυττάλειας (Κ.Ε.Λ.Ψ.) τα υγρά απόβλητα που λεκανοπεδίου υφίστανται τριτοβάθμια επεξεργασία. Τα προϊόντα αυτής της επεξεργασίας είναι α) νερό ποιότητας τέτοιας ώστε να μη δημιουργούνται προβλήματα στο οικοσύστημα του Σαρωνικού κόλπου στον οποίο διοχετεύεται και β) χωνευμένη και αφυδατωμένη ιλύς, περιεκτικότητας σε στερεά περίπου 28%. Η ημερήσια παραγωγή ιλύος κυμαίνεται αναλόγως των εισροών και μπορεί να φθάσει σε 750 τόνους / ημέρα. Προκειμένου να καταστεί δυνατή η χρήση της ιλύος είτε για την παραγωγή ενέργειας (με καύση της σε τσιμεντοβιομηχανίες ή σε μονάδες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος) είτε ως εδαφοβελτιωτικό, προκρίθηκε η λύση της θερμικής ξήρανσης. Το παραγόμενο προϊόν θα είναι ξηρή ιλύς σε κόκκους, πολύ μικρότερου όγκου από την αφυδατωμένη, πλήρως υγειονοποιημένη. Στην μονάδα θερμικής ξήρανσης που κατασκευάζεται θα ξηραίνεται το σύνολο της αφυδατωμένης ιλύος που παράγεται στο Κ.Ε.Λ. Ψυττάλειας και παρέχεται η δυνατότητα ξήρανσης και ιλύος που θα μεταφέρεται από γειτονικά Κ.Ε.Λ. Υπάρχουν διάφοροι τύποι θερμικής ξήρανσης. Στην περίπτωση της Ψυττάλειας επιλέχθηκε ως καταλληλότερη η ξήρανση με περιστρεφόμενα τύμπανα.

Το σύνολο του έργου της μονάδας ξήρανσης ιλύος αποτελείται από τις εξής μονάδες:

Μονάδα υποδοχής αφυδατωμένης ιλύος αποτελούμενη από δύο δεξαμενές αποθήκευσης αφυδατωμένης ιλύος, από άλλα κέντρα επεξεργασίας λυμάτων, κατασκευασμένες από οπλισμένο σκυρόδεμα, χωρητικότητας 73 m³ έκαστη. Κάθε δεξαμενή φέρει δικό της σύστημα μεταφοράς ιλύος αποτελούμενο από περιστρεφόμενο ξέστρο πυθμένα αποκόλλησης ιλύος, κοχλία μεταφοράς και αντλία τύπου έκκεντρου κοχλία εφοδιασμένη με διπλό κοχλία προσυμπιέσης , μέγιστης δυναμικότητας 15 m³/h σε πίεση 15 bar. Κάθε δεξαμενή φέρει δικό της σύστημα υδραυλικών θυρών για αποφυγή έκκλισης οσμών . Η αφυδατωμένη ιλύς από τις δεξαμενές μέσω των αντλιών μεταφέρεται στα μετεγκατεστημένα silo αποθήκευσης αφυδατωμένης ιλύος σε απόσταση 20m το πολύ. Η μετεγκατάσταση των silo αποθήκευσης πραγματοποιείται από την μονάδα αφυδάτωσης στην μονάδα ξήρανσης. Υπάρχει η μονάδα έμμεσης θέρμανσης ανακυκλοφορούμενων υδρατμών, από τα καυσαέρια μελλοντικής μονάδας αεριοστρόβιλου, αποτελούμενη από τέσσερις εναλλάκτες θερμότητας αερίου – αερίου τύπου κελύφους αυλών, έναν για κάθε μονάδα ξήρανσης και δυναμικότητας 5.200 kW έκαστος. Ένας φυγοκεντρικός ανεμιστήρας δυναμικότητας 90.000 m³/h εγκαθίσταται στην έξοδο του κάθε εναλλάκτη και στο ρεύμα των καυσαερίων, έτσι ώστε τα καυσαέρια να οδηγηθούν και από τους τέσσερις εναλλάκτες σε κοινή καμινάδα. Η εγκατάσταση των ανεμιστήρων είναι απαραίτητη καθώς ο αεριοστρόβιλος δεν διαθέτει ικανή πίεση εξόδου καυσαερίων για την υπερνίκηση των απωλειών πίεσης στους αεραγωγούς και στους εναλλάκτες.

Επίσης, υπάρχει η μονάδα τροφοδοσίας φυσικού αερίου της μονάδας ξήρανσης και συγκεκριμένα των μονάδων παραγωγής θερμότητας, (καυστήρων) καθώς και των μονάδων επεξεργασίας απαερίων (RTO). Η συγκεκριμένη μονάδα είναι ένας σταθμός ρύθμισης και μέτρησης παροχής φυσικού αερίου ο οποίος θα τροφοδοτείται από τον κοινό αγωγό υψηλής πίεσης της ΕΥΔΑΠ με δυνατότητα τροφοδοσίας 3.500 Nm³/h και δυνατότητα μείωσης πίεσης από 19 bar σε 500 mbar .

Η κύρια μονάδα ξήρανσης αποτελείται από τέσσερις γραμμές ξήρανσης ονομαστικής δυναμότητας επεξεργασίας 12,66 m³/h αφυδατωμένης ιλύος περιεκτικότητας 26% DS, ονομαστικής δυναμότητας εξάτμισης 8.625 kgH₂O/h, τελικής παραγωγής 6,8 m³/h ξηραμένης ιλύος περιεκτικότητας 92% DS έκαστη. Τονίζεται πως η μέγιστη δυναμικότητα εξάτμισης ανά γραμμή είναι 10.000 kgH₂O/h. Κάθε γραμμή είναι εξοπλισμένη με τα παρακάτω συστήματα:

(α) Σύστημα τροφοδοσίας αφυδατωμένης ιλύος με παραγόμενη αφυδατωμένη ιλύ αποτελούμενη από δύο μεταφορικούς κοχλίες οριζόντιας τοποθέτησης, ένας για κάθε δυάδα (τριάδα) διαχωριστών μέγιστης δυναμικότητας 45 m³/h έκαστος. Κάθε μεταφορικός κοχλίας τροφοδοτεί αντλία θετικής εκτόπισης τύπου παλινδρομικού εμβόλου μέσω διπλού κοχλία προσυμπίεσης, μέγιστης δυναμικότητας 45 m³/h σε μέγιστη πίεση 120 bar. Οι δεξαμενές αποθήκευσης αφυδατωμένης ιλύος χωρητικότητας 73 m³ έκαστη, μεταφέρονται εντός των δύο κτιρίων ξήρανσης μία σε κάθε ένα και αποτελούν η κάθε μία την βασική δεξαμενή αποθήκευσης ιλύος για δύο γραμμές ξήρανσης. Στον πυθμένα τους προσαρμόζονται αντλίες τύπου έκκεντρου κοχλία μέγιστης δυναμικότητας 12,5 m³/h σε πίεση 16 bar, δύο σε κάθε δεξαμενή, οι οποίες με την σειρά τους παροχετεύουν τις αντίστοιχες γραμμές ξήρανσης. Η κατάθλιψη κάθε αντλίας τύπου παλινδρομικού εμβόλου, συνδέεται μέσω σωληνογραμμών και με τις δύο προαναφερόμενες δεξαμενές, μέσω συστημάτων απομόνωσης. Δίνεται έτσι η δυνατότητα χιαστί σύνδεσης μεταξύ των δύο πτερύγων του κτιρίου αφυδάτωσης και των δύο κτιρίων των γραμμών ξήρανσης. Το σύστημα απομόνωσης των σωληνογραμμών σε συνδυασμό με το σύστημα φόρτωσης οχήματος δίνει την δυνατότητα σε περίπτωση βλάβης την συνέχιση της διαδικασίας αφυδάτωσης.

(β) Σύστημα ξήρανσης ιλύος, ένα ανά μονάδα ξήρανσης, αποτελούμενο από ενδιάμεσο silo για την ρύθμιση της τροφοδοσίας της ανακυκλοφορούμενης ξηραμένης ιλύος, διάταξη ανάμιξης δυναμικότητας 97 m³, μονάδα παραγωγής θερμότητας με καυστήρα ισχύος 8.000 kW, περιστρεφόμενο τύμπανο ξήρανσης τριπλής διαδρομής, κεντρικό σύστημα αποκονίωσης αποτελούμενο από προδιαχωριστήρα και διαχωριστήρα τύπου πολυκυκλώνων, φυγοκεντρικό ανεμιστήρα ανακυκλοφορίας υδρατμών, δυναμικότητας 65.650 Nm³/h, συμπυκνωτή απομάκρυνσης του νερού από τους υδρατμούς, φυγοκεντρικό ανεμιστήρα απομάκρυνσης μη συμπυκνούμενων υδρατμών προς RTO, δυναμικότητας 12.082 Nm³/h, δονητικό κόσκινο διαχωρισμού χονδρόκοκκου υλικού και σκόνης από τους κόκκους του τελικού προϊόντος, θραυστήρα κόκκων με δυνατότητα ρύθμισης από 1 έως 6 mm. Όλη η διακίνηση του ξηραμένου υλικού γίνεται με σύστημα μεταφορικών κοχλίων και πιο συγκεκριμένα, κοχλίας μεταφοράς λεπτόκοκκου υλικού από τον διαχωριστήρα τύπου κυκλώνα στο silo δοσομέτρησης ξηραμένης ιλύος, δυναμικότητας 45 m³/h, κοχλίας μεταφοράς χονδρόκοκκου υλικού από τον προδιαχωριστήρα προς τον κοχλία τροφοδοσίας δονητικού κόσκινου, δυναμικότητας 13,51 m³/h, κοχλίας τροφοδοσίας δονητικού κόσκινου, δυναμικότητας 13,51 m³/h, κοχλίας μεταφοράς λεπτόκοκκου υλικού εξερχόμενου του κόσκινου προς κοχλία τροφοδοσίας διάταξης ανάμιξης, δυναμικότητας 13,51 m³/h, κοχλίας τροφοδοσίας διάταξης ανάμιξης, δυναμικότητας 9 έως 91 m³/h, με δυνατότητα ρύθμισης παροχής μέσω ρυθμιστή στροφών.

(γ) Μονάδα επεξεργασίας απαερίων αποτελούμενη από τρεις (3) θερμικούς οξειδωτές, τριών θαλάμων έκαστος. Κάθε θερμικός οξειδωτής (RTO) είναι έτσι διαστασιολογημένος ώστε να μπορεί να επεξεργασθεί απαέρια δύο γραμμών ξήρανσης συμπεριλαμβανομένων των δύο silo δοσομέτρησης αφυδατωμένης ιλύος, τα απαέρια της δεξαμενής υποδοχής αφυδατωμένης ιλύος από άλλα κέντρα

επεξεργασίας λυμάτων και τα απαέρια των silo αποθήκευσης ξηραμένης ιλύος. Κάθε θερμικός οξειδωτής έχει δυνατότητα επεξεργασίας 27.000 Nm³/h. Σε κάθε γραμμή ξήρανσης τα απαέρια τα προερχόμενα από την γραμμή επεξεργασίας ξηραμένης ιλύος φιλτράρονται μέσω σακκόφιλτρου και στην συνέχεια οδηγούνται μέσω φυγοκεντρικού ανεμιστήρα δυναμικότητας 14000 Nm³/h, στον κεντρικό συλλέκτη αναρρόφησης των θερμικών οξειδωτών.

(δ) Σύστημα μεταφοράς και αποθήκευσης ξηραμένης ιλύος αποτελούμενο από τέσσερα silo αποθήκευσης ξηραμένης ιλύος, χωρητικότητας 250 m³ έκαστο. Σημειώνουμε πως το δίκτυο μεταφοράς ξηραμένης ιλύος στα silo αποθήκευσης είναι έτσι σχεδιασμένο ώστε να δίνεται η δυνατότητα σε κάθε γραμμή ξήρανσης να μπορεί να αποθηκεύσει σε οποιοδήποτε από τα τέσσερα silo.

(ε) Βοηθητικές εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης μονάδας ξήρανσης ιλύος απαρτιζόμενες από:

Αντλιοστάσιο και δίκτυο μεταφοράς μη απολυμασμένου βιομηχανικού νερού αποτελούμενο από τρεις αντλίες, εκ των οποίων η μία εφεδρική, δυναμικότητας 770 m³/h και μανομετρικού 9,5 m έκαστη, εγκατεστημένο στο υφιστάμενο αντλιοστάσιο και συγκεκριμένα στην περιοχή των αμμόφιλτρων. Το νερό αυτό φιλτράρεται με δύο (2) αυτόματα μηχανικά φίλτρα, ένα ακόμη αντλιοστάσιο μη απολυμασμένου βιομηχανικού νερού για την εξυπηρέτηση των τεσσάρων γραμμών ξήρανσης με δεξαμενή κατασκευασμένη από οπλισμένο σκυρόδεμα, χωρητικότητας 500 m³, αποτελούμενο από τέσσερις αντλίες, μία για κάθε γραμμή ξήρανσης, δυναμικότητας 220 m³/h και μανομετρικού 6 bar έκαστη. Επίσης, αντλιοστάσιο πόσιμου νερού για τις κατασβέσεις του συστήματος FIRE-FLY αποτελούμενο από τέσσερις αντλίες, μία για κάθε γραμμή ξήρανσης, δυναμικότητας 6 m³/h και μανομετρικού 9 bar έκαστη και αντλιοστάσιο πυρόσβεσης αποτελούμενο από δύο κύριες και μια βοηθητική αντλία (jockey), συνολικής δυναμικότητας 184 m³/h και μανομετρικού 7,5 bar . Κάποιες άλλες βοηθητικές εγκαταστάσεις είναι η μονάδα παροχής βιοαερίου προς τις τέσσερις γραμμές ξήρανσης αποτελούμενη από τέσσερις συμπιεστές βιοαερίου, έναν για κάθε γραμμή ξήρανσης, δυναμικότητας 1300 Nm³/h και μανομετρικού 0,500 bar έκαστος και η μονάδα παροχής πεπιεσμένου αέρα για την καθοδήγηση των πνευματικά ενεργοποιούμενων δικλιδίων, εξοπλισμού κ.λπ. Τέλος, το κεντρικό δίκτυο απαγωγής στραγγιδίων από τη μονάδα ξήρανσης προς την διώρυγα εισόδου λυμάτων στο ΚΕΛΨ.

Για την μετατροπή της αφυδατωμένης ιλύος σε αξιοποιήσιμο προϊόν απαιτείται η θερμική επεξεργασία της. Η θερμική ξήρανση εξατμίζει το ενδοκυτταρικό και χημικά δεσμευμένο νερό, που δεν αποβάλλεται από την μηχανική αφυδάτωση, εξασφαλίζοντας ένα ξηρό προϊόν, το οποίο αποθηκεύεται και μεταφέρεται με ευχέρεια. Μειώνοντας έτσι τον όγκο, επιτυγχάνεται η βιολογική σταθεροποίηση του οργανικού φορτίου αποτρέποντας την αλλοίωση της βιομάζας.

Μέθοδοι Ξήρανσης

Περιστρεφόμενα τύμπανα ξήρανσης

Μονής διαδρομής

Τριπλής διαδρομής

Ρευστοποιημένες Κλίνες ξήρανσης (Fluidized bed drying)

Ταινίες ξήρανσης (Belt Drying)

Με ανακυκλοφορία ξηραμένης ιλύος

Χωρίς ανακυκλοφορία ξηραμένης ιλύος

ΞΗΡΑΝΣΗ ΜΕ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΑ ΤΥΜΠΙΑΝΑ (Drum Drying Systems)

Σύστημα Παραγωγής Θερμότητας

Με άμεση θέρμανση (Καυστήρες)

Με άμεση και έμμεση θέρμανση με Εναλλάκτες Αερίου – Αερίου

Περιστρεφόμενο Τύμπανο Ξήρανσης

Σύστημα Αποκονίωσης

Προδιαχωριστήρες

Κυκλώνες

Σακκόφιλτρα

Σύστημα Ανακυκλοφορία και Συμπύκνωσης Αερίων Ξήρανσης

Πύργος Ψύξης (Συμπυκνωτής)

Κύριος Ανεμιστήρας ανακυκλοφορίας αερίων

Διάταξη Ανακυκλοφορίας και Διακίνησης Ξηραμένης Ιλύος

Μεταφορικοί Κοιλίες

Πνευματική μεταφορά

Μεταφορικές ταινίες

Αλυσομεταφορείς

Αναβατόρια

Έξοδος Τελικού Προϊόντος

Κόσκινο

Ψύκτης τελικό προϊόντος

Σιλό αποθήκευσης

Επεξεργασία Απαερίων Ξήρανσης

Πλυντηρίδα αποκονίωσης

Συλλέκτης σταγονιδίων

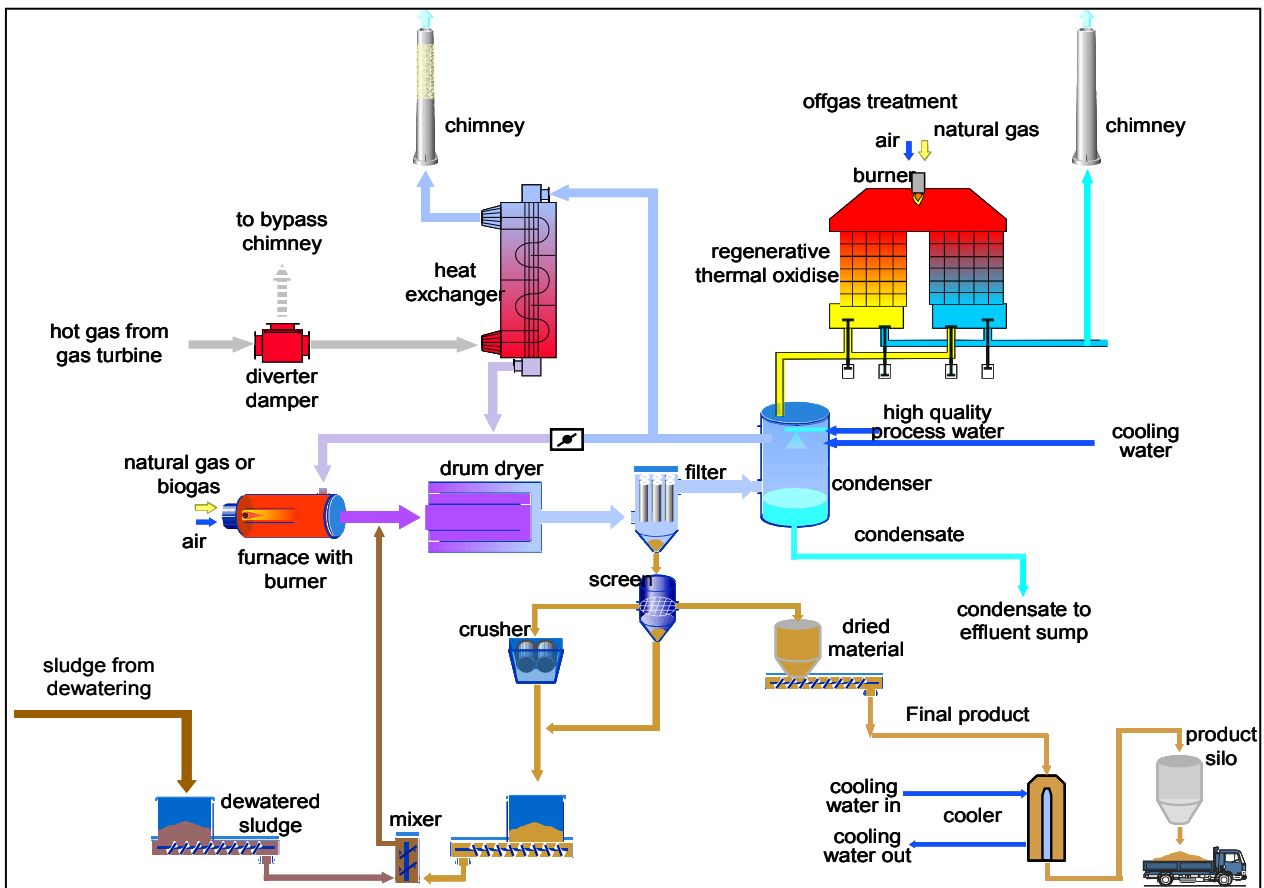
Βιόφιλτρα ή Θερμικοί οξειδωτές

Συστήματα Ασφαλείας και Αδρανοποίηση Αερίων Ξήρανσης

Συστήματα ανίχνευσης πυρακτωμένων σωματιδίων (infrared) και ακαριαίας κατάσβεσης

Ακαριαία αδρανοποίηση έκρηξης

Αδρανοποίηση αερίων ξήρανσης με διατήρηση χαμηλής περιεκτικότητας οξυγόνου
 $O_2 < LOC$



Εικόνα 3.1 : Διάγραμμα Ροής Ξήρανσης με Περιστρεφόμενα Τύμπανα [4]

3.1.1 ΞΗΡΑΝΣΗ ΜΕ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΑ ΤΥΜΠΑΝΑ

Στις μονάδες ξήρανσης με περιστρεφόμενα τύμπανα η ξήρανση της αφυδατωμένης ιλύος γίνεται ως εξής: Αφυδατωμένη και ξηραμένη ιλύς δοσομετρούνται και αναμειγνύονται στον αναδευτήρα διπλού κοχλίου έτσι ώστε να παραχθούν ομοιόμορφοι κόκκοι ιλύος με 70-75% ξηρά στερεά. Αυτό γίνεται για να αποφευχθεί η κολλώδης φάση της αφυδατωμένης ιλύος η οποία θα κολλούσε στα εσωτερικά τοιχώματα του τύμπανου.

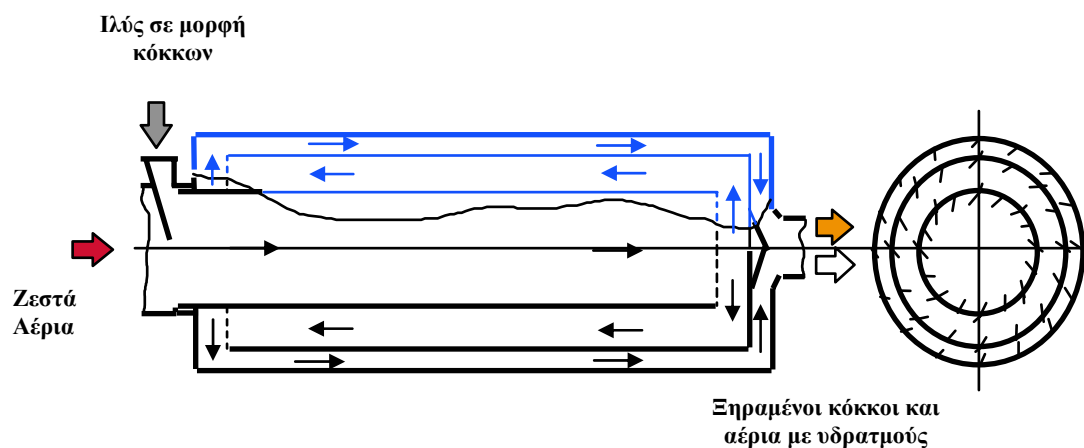
Εσωτερικά του περιστρεφόμενου τύμπανου τριπλής (ή μονής) διαδρομής το νερό που περιέχεται στην ιλύ εξατμίζεται από τα ανακυκλοφορούμενα θερμά αέρια. Τα αέρια αυτά έχουν θερμανθεί στον θάλαμο καύσης σε θερμοκρασία περίπου 350 °C από τον καυστήρα ή και από τον εναλλάκτη συμπαραγωγής. Μετά το περιστρεφόμενο τύμπανο η ξηραμένη ιλύς με ~92% ξηρά στερεά μεταφέρεται από το ρεύμα των αερίων προς τον προδιαχωριστήρα και το πολυκυκλώνα. Στο προδιαχωριστήρα συλλέγονται οι πιο χοντροί κόκκοι ιλύος και μεταφέρονται στο δονητικό κόσκινο, όπου γίνεται διαλογή τριών επιπέδων. Στο τρίτο επίπεδο απομακρύνονται οι κόκκοι με διάμετρο 1-5 mm ως τελικό προϊόν. Το τελικό προϊόν ψύχεται από τους 85°C στους 40°C και τελικά μεταφέρονται με πνευματικό τρόπο στα σιλό αποθήκευσης ξηραμένης ιλύος. Οι λεπτοί κόκκοι και η σκόνη από τον πολυκυκλώνα, το κόσκινο και το φίλτρο του συστήματος υποπίεσης ανακυκλοφορούν στο κύκλωμα ξήρανσης και τελικά αναμειγνύονται με υγρή αφυδατωμένη ιλύ.



Εικόνα 3.2: Απεικόνιση ενός περιστρεφόμενου τυμπάνου [4]

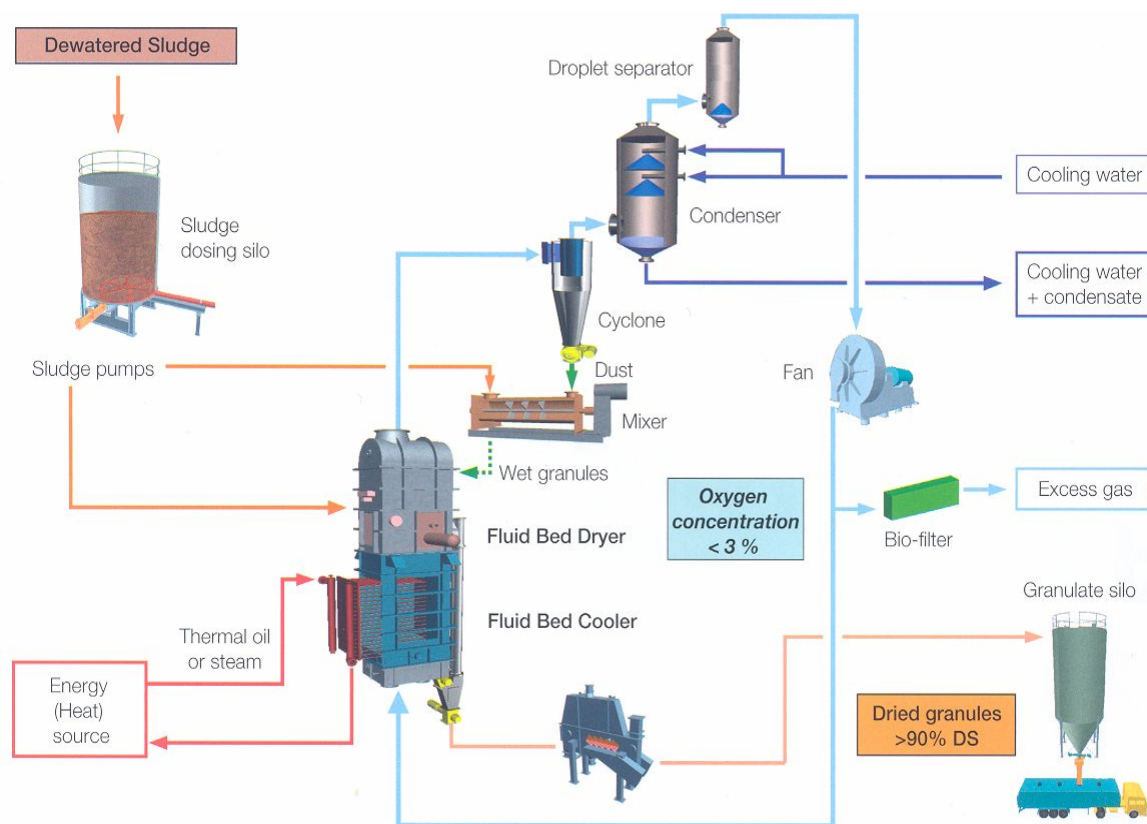
Μετά το διαχωρισμό της ξηραμένης ύλης το ρεύμα των αερίων με τους υδρατμούς εισέρχεται στο συμπυκνωτή με τη βοήθεια του κύριου ανεμιστήρα ανακυκλοφορίας. Στο συμπυκνωτή το νερό που εξατμίστηκε κατά τη διάρκεια της ξήρανσης στο τύμπανο διαχωρίζεται από τα αέρια της ξήρανσης τα οποία οδηγούνται, είτε μέσω του εναλλάκτη συμπαραγωγής, είτε απευθείας στο θάλαμο καύσης για θέρμανση.

Για τη διατήρηση της πίεσης του κυκλώματος των αερίων σε μια σταθερή τιμή, ένα μέρος των αερίων απομακρύνεται από το συμπυκνωτή προς την μονάδα απόσπησης. Η μονάδα απόσπησης αποτελείται είτε από Αυτοαναγεννούμενους Θερμικούς Οξειδωτές, είτε από Πλυντηρίδες απόσπησης, είτε από βιόφιλτρα.



Εικόνα 3.3: Σχεδιάγραμμα ενός περιστρεφόμενου τυμπάνου [4]

3.1.2 Ξήρανση Ρευστοποιημένης Κλίνης (FDS)



Εικόνα 3.4: Σχεδιαγραμματική απεικόνιση της ξήρανσης ρευστοποιημένης κλίνης [4]

Η ρευστοποιημένη κλίνη χαρακτηρίζεται από την κίνηση κόκκων που επιτυγχάνεται με ρεύμα θερμού αέρος μέσα από την αφυδατωμένη ιλύ. Ο αέρας ρευστοποίησης διοχετεύεται ομοιόμορφα πάνω σε όλη την επιφάνεια του ξηραντή και δημιουργεί μια ρευστοποιημένη κλίνη αποτελούμενη από ξηρούς κόκκους. Οι κόκκοι αρχίζουν να κινούνται ελεύθερα ενώ συγχρόνως αναμιγνύονται εκτενώς.

Η ρευστοποιημένη κλίνη αποτελείται κυρίως από: Διαμέρισμα κατανομής θερμού αέρος, μεσαίο διαμέρισμα το οποίο περιλαμβάνει τον εναλλάκτη θερμότητας εμβαπτισμένο στην ρευστοποιημένη κλίνη. Αυτός ο εναλλάκτης θερμότητας μεταφέρει όλη την απαιτούμενη ενέργεια για την εξάτμιση του νερού που περιλαμβάνεται στην ιλύ. Ιδανικό μέσο για την μεταφορά θερμότητας είναι ο ατμός ή το λάδι θέρμανσης.

Κέλυφος ξηραντή, το οποίο αποτελεί το πρώτο στάδιο διαχωρισμού των σωματιδίων από το στρώμα με ρευστοποιημένο αέριο. Το αέριο εξέρχεται από τον ξηραντή μεταφέροντας το νερό που εξατμίσθηκε και το λεπτότερο ξηραμένο υλικό.

Η ρευστοποιημένη κλίνη, η οποία είναι ήδη πλήρης ξηρών κόκκων, τροφοδοτείται απευθείας με αφυδατωμένη ιλύ. Οι κόκκοι σχηματίζονται από την εξάτμιση του νερού και την κίνηση των σωματιδίων μέσα στον ξηραντή. Ο ξηραντής λειτουργεί σε κλειστό κύκλωμα αδρανούς αερίου. Το ανακυκλούμενο αέριο εξέρχεται από το κέλυφος του ξηραντή μεταφέροντας το λεπτότερο ξηραμένο προϊόν

και το νερό που εξατμίστηκε. Το λεπτότερο υλικό διαχωρίζεται στον κυκλώνα ενώ το νερό που εξατμίστηκε συμπυκνώνεται εκτός του ρεύματος αερίου εντός του συμπυκνωτή. Η σκόνη οδηγείται στη διάταξη ανάμιξης και αναμιγνύεται με την αφυδατωμένη ιλύ. Οι ξηραμένοι και απαλλαγμένοι από σκόνη κόκκοι, εξέρχονται της ρευστοποιημένης κλίνης διαμέσου μιας οπής απόρριψης και ψύχονται σε θερμοκρασία κάτω των 40°C από μια δονούμενη μονάδα ψύξης ώστε να είναι διαθέσιμοι για περαιτέρω χρήση. [4]

3.1.3 Ταινίες Ξήρανσης (Belt Drying System)

Αυτός ο τύπος συστήματος ξήρανσης αποτελείται από παρόμοιου τύπου περιφερειακό εξοπλισμό (Συμπυκνωτής, σύστημα θέρμανσης και ανακυκλοφορίας αερίων ξήρανσης, μονάδα απόσμησης) με τα συστήματα ξήρανσης Τύμπανου (DDS) και Ρευστοποιημένης κλίνης (FDS). Στη συγκεκριμένη περίπτωση το σύστημα ξήρανσης αποτελείται από μια ειδική μεταφορική ταινία μέσα σε κλειστό περίβλημα όπου τα αέρια ξήρανσης διέρχονται διαμέσου των ισομερώς κατανομημένων επί της ταινίας κόκκων. Η αργή κίνηση της μεταφορικής ταινίας δίνει την δυνατότητα στα αέρια ξήρανσης να θερμάνουν τους υγρούς κόκκους και να εξατμίσουν το νερό, ενώ ταυτοχρόνως η κλίνη των κόκκων λειτουργεί σαν μέσο φίλτρανσης εμποδίζοντας την δημιουργία σκόνης μέσα στον ξηραντή. Η χαμηλή θερμοκρασία λειτουργίας (περίπου 110° – 150° C) καθώς και η απουσία σκόνης, εξασφαλίζουν ασφαλή λειτουργία ακόμη και χωρίς αδρανοποίηση μέσα στον ξηραντή, πράγμα που απαιτείται ούτως ή άλλως στα συστήματα επεξεργασίας DDS και FDS.

Οι Ταινίες Ξήρανσης είναι η ιδανική περίπτωση στην οποία μπορούν να εφαρμοστούν όλες οι μορφές πρωτογενών και κυρίως δευτερογενών πηγών ενέργειας (συμπαράγωγή ενέργειας) γεγονός που συμβάλει στην εξοικονόμηση καυσίμων και στην οικονομικότερη λειτουργία των μονάδων.



Εικόνα 3.4: Διάγραμμα ροής ταινίας ξήρανσης (Belt Drier) [4]

3.1.4 Τελικό Προϊόν

Το τελικό προϊόν που θα παράγεται από τη Μονάδα Ξήρανσης της Ψυττάλειας θα καλύπτει την προδιαγραφή US EPA 503 Class A που αφορά την υγειονομοποίηση της ιλύος.

Η ξηραμένη ιλύς θα είναι σε μορφή κόκκων με διάμετρο από 1 έως 5mm και σε μέγιστη θερμοκρασία 45⁰C. Το ποσοστό ξηρών στερεών (DS) στο τελικό προϊόν θα είναι τουλάχιστον 92% με διακύμανση 90-95% και με θερμογόνο δύναμη συγκρίσιμη του λιγνίτη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμη ύλη σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς της ΔΕΗ ή σε εργοστάσια παραγωγής τσιμέντου. Η περιεκτικότητα σε σκόνη (σωματίδια <75μm) στο τελικό προϊόν θα είναι μικρότερη από 1% κ.β.

Οι εφαρμογές του τελικού προϊόντος των μονάδων θερμικής ξήρανσης ιλύος είναι οι ακόλουθες:

- **Λίπασμα και ενισχυτικό εδαφών.** Η ιλύς περιέχει πληθώρα συστατικών, συμπεριλαμβανομένων αζώτου, φωσφόρου, καλίου, ιχνοστοιχείων και οργανικών ενώσεων. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα με την προϋπόθεση ότι είναι πλήρως υγειονομοποιημένη, και πληροί τις απαιτήσεις της Κοινοτικής οδηγίας όσον αφορά στη περιεκτικότητα βαρέων μετάλλων.
- **Καύσιμο.** Η θερμιδική αξία της πλήρως ξηραμένης ιλύος (> 90% DS) αντιστοιχεί περίπου σε εκείνη του λιγνίτη. Μπορεί επομένως να χρησιμοποιηθεί ως δευτερογενές καύσιμο σε θερμοηλεκτρικά εργοστάσια, αποτεφρωτήρες σκουπιδιών, ή ως πρόσθετο σε τσιμεντοβιομηχανίες αντικαθιστώντας μερικώς το πρωτογενές καύσιμο. (4)

Είναι πολύ ενδιαφέρουσα μια ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στη ξηραμένη λάσπη, από εξωτερικό εργαστήριο. Πιο ειδικά αναφερόμαστε σε έναν σύντομο σχολιασμό των αποτελεσμάτων αναλύσεων ξηραμένης λάσπης σχετικά με το μικροβιακό φορτίο του δείγματος. Συνήθως, η ανεπεξέργαστη λυματολάσπη είναι φορτισμένη με μικρόβια OMX, κολοβακτηρίδια, εντερόκοκκους και άλλα σε επίπεδα > 10⁶ cfu/g. Αναφέρεται λοιπόν, ότι το συνολικό μικροβιακό φορτίο στο δείγμα θεωρείται πολύ χαμηλό και βρίσκεται στα επίπεδα ενός κοινού χώματος. Ας σημειωθεί ότι τα χώματα χωραφιών που καλλιεργούνται παρουσιάζουν κατά κανόνα πολύ μεγαλύτερο φορτίο, εξαιτίας της παρουσίας εντερόκοκκων, ψευδομονάδας και άλλα. Ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων αναφέρει ότι πολλά τρόφιμα που πωλούνται προς άμεση κατανάλωση, όπως σάντουιτς, πάστες και άλλα), παρουσιάζουν παρόμοια εικόνα και σε μερικές παραμέτρους χειρότερη από το δείγμα στο οποίο αναφερόμαστε. Για παράδειγμα μπορεί να περιέχουν μερικές χιλιάδες ζύμες μύκητες, πολλές χιλιάδες OMX, εκατοντάδες κολοβακτηριοειδή και διάφορα άλλα. Για σύγκριση προσθέτουμε τα όρια για το επιτρεπόμενο μικροβιακό φορτίο σε νερά ασφαλή για κολύμβηση (Οδηγία ΕΕ 76/160): E – coli cfu/100ml : 250 (εξαιρετική ποιότητα), (500 ικανοποιητική ποιότητα).

Εντερόκοκκοι Cfu/100ml: 100 (εξαιρετική ποιότητα), 200 (ικανοποιητική ποιότητα). Όπως φαίνεται τα ανωτέρω είναι αρκετά ψηλά. Γενικά φαίνεται ότι η επεξεργασία της λυματολάσπης αρχικά με CaO (εξώθερμη αντίδραση) και στη συνέχεια η ξήρασή της λειτουργούν αποστειρωτικά για το αρχικά μεγάλο μικροβιακό φορτίο. Επίσης, είναι πολύ σημαντικό ότι στο δείγμα της ξηραμένης λάσπης δεν βρέθηκαν E – coli, εντερόκοκκοι, Σαλμονέλλα και Listeria. (4)

ΕΝΟΤΗΤΑ 4 – ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥΣ ΣΚΟΠΟΥΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως είναι γνωστό, η υπάρχουσα τεχνογνωσία επιτρέπει την παραγωγή κάθε επιθυμητής ποιότητας νερού από εκροές επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Ωστόσο, σε αρκετές περιπτώσεις παράγοντες όπως το υψηλό κόστος επεξεργασίας και κυρίως η κοινωνική αποδοχή περιορίζουν την εφαρμογή τέτοιων τεχνολογιών. Η χρήση περιθωριακών και κυρίως επεξεργασμένων εκροών υγρών αποβλήτων θεωρείται ότι θα συμβάλει σημαντικά στην αντιμετώπιση των αυξανόμενων αναγκών σε νερό κυρίως σε περιοχές με ελλειμματικούς υδατικούς πόρους. Σήμερα, επεξεργασμένες εκροές υγρών αποβλήτων χρησιμοποιούνται σε πολλές χώρες με κυρίαρχες χρήσεις την γεωργική, τον εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων και την βιομηχανική.

Γενικά, κάθε κατηγορία επαναχρησιμοποίησης απαιτεί ιδιαίτερα κριτήρια ποιότητας, που καθορίζονται από τη προοριζόμενη χρήση και τις υφιστάμενες συνθήκες. Οι εκροές υγρών αποβλήτων θεωρούνται σημαντικός υδατικός πόρος για άρδευση ο οποίος συμβάλει και στη λίπανση των αρδευόμενων καλλιεργειών λόγω της περιεκτικότητας τους σε βασικά θρεπτικά στοιχεία. Ο προβληματισμός σχετικά με τη χρήση τέτοιων νερών για άρδευση εστιάζεται στις προδιαγραφές ποιότητας, που πρέπει να εφαρμόζονται, όσον αφορά τις μικροβιολογικές παραμέτρους και οι οποίες διαφοροποιούνται ανάλογα με τη μέθοδο άρδευσης και το είδος της αρδευόμενης καλλιέργειας. Οι βιομηχανικές χώρες και οι παραγωγοί τεχνολογίας, υποστηρίζουν την επιβολή αυστηρών προδιαγραφών για την ποιότητα νερού (συγκρίσιμες με αυτές του πόσιμου νερού), με τη βεβαιότητα ότι οι ακριβότερες τεχνολογίες εξασφαλίζουν πιο υγιεινό και ασφαλές νερό (δηλαδή απαλλαγμένο από εντερροϊούς και παράσιτα). Αντίθετα, οι αναπτυσσόμενες χώρες που χαρακτηρίζονται από έλλειψη υδατικών πόρων, υποστηρίζουν τις λιγότερο αυστηρές οδηγίες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας. Στις ενότητες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι σύγχρονες τάσεις, και απόψεις που αφορούν τα κριτήρια και τις οδηγίες επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων για άρδευση που αποτελεί και την κυριότερη κατηγορία χρήσης, τέτοιων νερών. Ακόμη, προτείνεται σχέδιο κριτηρίων για χρήση τέτοιων νερών προσαρμοσμένο στις συνθήκες του Ελληνικού χώρου. [5]

4.1 ΝΟΜΙΚΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΤΑΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

Παρακάτω παρουσιάζονται νομικά θέματα, που σχετίζονται με την ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση αστικών υγρών αποβλήτων με ιδιαίτερη έμφαση στο ισχύον νομικό πλαίσιο διεθνώς και στην Ελλάδα. Η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση των εκροών των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στις αναπτυγμένες χώρες δημιουργεί τρεις κατηγορίες νομικών ζητημάτων. Οι κατηγορίες αυτές αναφέρονται:

- α) Στην προστασία του δικαιώματος των χρηστών νερού για τη χρήση του και στην αντίστοιχη θέση της κυβέρνησης ή των περιφερειακών αρχών να παραχωρούν δικαιώματα χρήσης νερού και
- β) Στην προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος.
- γ) Άλλα νομικά θέματα.

Ωστόσο υπάρχει και το ζήτημα προστασίας των δικαιωμάτων των χρηστών νερού. Το αρδευτικό νερό συχνά προέρχεται από επιφανειακά νερά, όπως για παράδειγμα ποτάμια και άλλες επιφανειακές πηγές, που είναι φυσικοί αποδέκτες

υγρών αποβλήτων. Η παροχέτευση υγρών αποβλήτων προς τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας μεταβάλλει τη ροή των αποβλήτων προς το φυσικό τους αποδέκτη και κατά συνέπεια στερεί τους συνήθεις χρήστες των νερών του αποδέκτη από τη συγκεκριμένη ποσότητα νερού. Μια εγκατάσταση ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων πιθανόν να στερήσει εξ' ολοκλήρου τους συνήθεις χρήστες από την ποσότητα νερού, που χρησιμοποιούν, αφού το ανακτώμενο και επαναχρησιμοποιούμενο νερό, πιθανόν διατίθεται σε νέους χρήστες (π.χ. βιομηχανίες) ή να προορίζεται σε νέες χρήσεις (π.χ. δημοτική χρήση).

Οι πρακτικές και το εθιμικό δίκαιο στις περισσότερες αναπτυγμένες χώρες και το γραπτό δίκαιο σε πολλές από αυτές, αναγνωρίζουν το κεκτημένο δικαίωμα ενός χρήστη νερού να χρησιμοποιηθεί μια συγκεκριμένη ποσότητα νερού υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Όταν παρέχεται μια ποσότητα νερού, συγχρόνως παρέχεται και το δικαίωμα στον χρήστη να διεκδικήσει είτε χρηματική αποζημίωση είτε συμπληρωματική ποσότητα νερού. Σε κάθε περίπτωση όμως, οι τοπικές (δημοτικές) αρχές θα πρέπει να έχουν ειδική αρμοδιότητα, όσον αφορά τα παραπάνω δικαιώματα. Πάντως, όλα τα πρόσωπα που εμπλέκονται στο σχεδιασμό ενός έργου επαναχρησιμοποίησης θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους, να μελετούν και να ρυθμίζουν τις πιθανές επιπτώσεις του έργου στις υφιστάμενες χρήσεις νερού, καθώς επίσης να ορίσουν τα μέτρα που θα ληφθούν (όπως αποζημιώσεις και επιδοτήσεις) στις περιπτώσεις που το έργο παρεμβαίνει και διαφοροποιεί τις χρήσεις αυτές.

Ένα ακόμα νομικό θέμα είναι η προστασία της δημόσιας και του περιβάλλοντος. Η χρήση του ανακτώμενου νερού για αγροτικές καλλιέργειες, καθώς και η αστική του χρήση (όπως άρδευση αστικού και περιαστικού πρασίνου), μπορεί να συνεπάγεται προβλήματα, που σχετίζονται με τη δημόσια υγεία (όπως είναι η έκθεση των ανθρώπων σε παθογόνους οργανισμούς). Επίσης, η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση μπορεί να έχει σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον όταν δεν εφαρμόζεται ορθά η διαθέσιμη τεχνολογία και τεχνογνωσία.

Ο σχεδιασμός έργων ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων θα πρέπει να περιλαμβάνει την ανάπτυξη και εφαρμογή κανονισμών ή οδηγιών, που θα προλαμβάνουν τη δημιουργία κινδύνων, που συνδέονται με τη δημόσια υγεία και την πιθανή υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Οι κανονισμοί αυτοί θα πρέπει να περιλαμβάνουν:

- Σύστημα χορήγησης αδειών για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων καθώς και επιπλέον τεχνικούς ελέγχους, που αφορούν την αποτελεσματικότητα της απαιτούμενης συμπληρωματικής επεξεργασίας.
- Προδιαγραφές ποιότητας ανάλογα με την χρήση του ανακτώμενου νερού.
- Ποιοτικούς ελέγχους που θα εξασφαλίζουν τη μη έκθεση σε κινδύνους των ανθρώπων που έρχονται σε επαφή με το ανακτώμενο νερό, καθώς και περιορισμούς στις διάφορες χρήσεις του.
- Ελέγχους όσον αφορά στην πρόσβαση στο σύστημα συλλογής και αποχέτευσης των υγρών αποβλήτων και προληπτικούς ελέγχους για την αποφυγή της σύνδεσης του δικτύου ύδρευσης και του δικτύου του ανακυκλωμένου νερού.
- Μηχανισμούς που θα καθιστούν υποχρεωτικούς και θα δίνουν αναγκαστική ισχύ σε όλους τους παραπάνω κανονισμούς ή οδηγίες, συμπεριλαμβανομένων και των αρμοδιοτήτων για τη διενέργεια ελέγχων και επιβολή ποινών στις περιπτώσεις που διαπιστώνονται παραβιάσεις ή αποκλίσεις από αυτούς.

Άλλα νομικά θέματα έχουν ως εξής: Στις αναπτυγμένες χώρες, μια σειρά από άλλα νομικά ζητήματα είναι πιθανόν να προκύψουν κατά την εφαρμογή της ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης αστικών υγρών αποβλήτων. Η Ομάδα

Εργασίας των FAO/WHO που συστάθηκε για τα νομικά θέματα, που συνδέονται με την διαχείριση των υδατικών πόρων και των υγρών αποβλήτων πρότεινε σε κάθε νομοθετικό κείμενο ή κανονισμό ή οδηγία για τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων να περιλαμβάνονται τα ακόλουθα:

- Ορισμός των εννοιών: "υγρά απόβλητα", "ανακυκλωμένο νερό" και άλλων σχετικών όρων
- Καθορισμός των δικαιούχων χρήσης του ανακυκλωμένου νερού.
- Θέσπιση συστήματος χορήγησης αδειών για χρήση του ανακτώμενου νερού.
- Καθορισμός του τρόπου με τον οποίο θα προστατεύονται τα πρόσωπα με κεκτημένα δικαιώματα χρήσης του νερού μετά από βλάβη, που οφείλεται στην μείωση της ποσότητας του νερού, εξαιτίας έργων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και επαναχρησιμοποίησης.
- Θέσπιση κανονισμών ή οδηγιών που θα διέπουν τις χρήσεις και την απαιτούμενη ποιότητα του ανακυκλωμένου νερού με σκοπό την προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος.
- Θέσπιση νομοθετικών μηχανισμών, ώστε οι παραπάνω κανονισμοί ή οδηγίες να καταστούν υποχρεωτικοί.
- Ορισμός διαδικασιών τιμολόγησης του ανακυκλωμένου νερού.
- Θέσπιση μηχανισμών για τη διοίκηση και διαχείριση των απαιτούμενων έργων.
- Ορισμός της νομικής και θεσμικής σχέσης μεταξύ των έργων ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης και των υφισταμένων έργων ύδρευσης, αποχέτευσης και περιβαλλοντικής προστασίας. [5]

4.1.1 Ισχύον νομικό πλαίσιο

Περιορισμένος αριθμός χωρών, σε διεθνές επίπεδο έχει ήδη θεσπίσει κανονισμούς επαναχρησιμοποίησης τέτοιων νερών κατά χρήση, όπως είναι οι Η.Π.Α. (Καλιφόρνια, Αριζόνα και Φλόριδα), η Τυνησία, το Ισραήλ και η Ν. Αφρική. Την τελευταία δεκαετία, με την τεράστια ανάπτυξη της τεχνολογίας ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης εκροών υγρών αποβλήτων, παρατηρείται μια έντονη και παράλληλη δραστηριότητα ανάπτυξης και θέσπισης τέτοιων κανονισμών και οδηγιών, όπως στην Κύπρο, στην Ιαπωνία και στην Αυστραλία που έχουν αρχίσει διαδικασίες θέσπισης εθνικών κανονισμών. Επίσης, σε άλλες χώρες εκσυγχρονίζονται και αναθεωρούνται οι ισχύοντες κανονισμοί (Καλιφόρνια, Τέξας, Ισραήλ και άλλες).

Ο WHO έχει εκδώσει οδηγίες σχετικές με την ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Οι οδηγίες αυτές βασίστηκαν στις επικρατούσες τάσεις σε αναπτυσσόμενες χώρες και ουσιαστικά θεωρούν όρια για τα κοπρώδη κολοβακτηρίδια (1000 FC/100 ml) και τους εντερικούς νηματώδεις ($\leq 1/L$) για απεριόριστη χρήση τέτοιων νερών για άρδευση. Παρ' όλο που οι οδηγίες αυτές δεν εξειδικεύονται στις επιμέρους χρήσεις και ποιοτικές και άλλες παραμέτρους αποτελούν ένα θετικό βήμα σε περιπτώσεις επαναχρησιμοποίησης ανεπεξέργαστων ή πλημμελώς επεξεργασμένων. Όπως προαναφέρεται, οι οδηγίες αυτές σήμερα ευρίσκονται σε στάδιο αναθεώρησης. [5]

4.1.2 Σχετική νομοθεσία

Γενικά η διαχείριση των αστικών υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα, όπως και στα υπόλοιπα κράτη – μέλη της ΕΕ διέπεται από την οδηγία 91/271/EEC, η οποία αναφέρει τα εξής: Όλες οι πόλεις έπρεπε να έχουν δίκτυα αποχέτευσης αστικών

λυμάτων έως την 31^η Δεκεμβρίου του 2000 (ανάλογα με το μέγεθος της πόλης). Επίσης υποχρεώνει την δευτεροβάθμια επεξεργασία των αστικών λυμάτων. Επίσης σύμφωνα με την παραπάνω οδηγία τα ανώτερα επιτρεπτά όρια που πρέπει να χαρακτηρίζουν τα αστικά απόβλητα κατά την εκβολή τους (ανάλογα με τον όγκο τους και το ποσοστό του βιοαποικοδομήσιμου φορτίου τους) είναι τα εξής:

Πίνακας 4.1: Ανώτερα επιτρεπτά όρια σύμφωνα με την οδηγία 91/271 της Ε.Ε [6]

Χαρακτηριστικά	Ανώτερα επιτρεπτά όρια
COD	125 mgO ₂ /L
BOD ₅	25 mgO ₂ /L
Ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS)	25-60 mg/L
Ολικό φώσφορο (TP)	1-2 mg/L
Ολικό άζωτο (TN)	10-15 mg/L

Με την αριθμό 5673/400/14.3.97 Κοινή Υπουργική Απόφαση, η επεξεργασία των αστικών υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα εναρμονίζεται πλήρως με αυτή της ΕΕ. Σύμφωνα με αυτήν, έχουν τεθεί χρονικά όρια προσαρμογής και τήρησης των όρων επεξεργασίας. Ευρωπαϊκές οδηγίες για την ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση εκροών αστικών υγρών αποβλήτων είναι βέβαιο ότι θα θεσπιστούν σύντομα. Η καθυστέρηση αυτή οφείλεται στη διαφορετικότητα Νοτίων και Βορείων χωρών σε ότι αφορά τη διαθεσιμότητα υδατικών πόρων. Στην οδηγία 91/271/EEC, άρθρο 12 παρ.1, αναφέρεται ρητά ότι «επεξεργασμένα υγρά απόβλητα θα επαναχρησιμοποιούνται οποτεδήποτε θεωρούνται κατάλληλα». [6]

Στη Ελλάδα το νομοθετικό πλαίσιο των υδατικών πόρων χαρακτηρίζεται από πολυνομία, αντιφατικότητα και έλλειψη εκσυγχρονισμού. Χαρακτηριστικό είναι ότι από το 1900 μέχρι σήμερα έχουν εκδοθεί περίπου 300 Νόμοι και νομοθετικά, βασιλικά και προεδρικά διατάγματα, γενικής, ειδικής και τοπικής έκτασης που συνθέτουν το νομικό πλαίσιο διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας.

Ο Ν. 1739/87 είναι το τελευταίο και βασικότερο νομοθέτημα που έχει εκδοθεί στον τομέα διαχείρισης των υδατικών πόρων. Με τον Νόμο αυτό καταργούνται πολλές από τις διατάξεις των προαναφερθέντων νόμων και εκσυγχρονίζεται σε κάποιο βαθμό η ισχύουσα νομοθεσία σε ότι αφορά την ορθολογική διαχείριση του συστήματος «υδατικός πόρος – χρήση του». Ο νόμος αυτός διαμορφώνει ένα θεσμικό πλαίσιο και τους αναγκαίους μηχανισμούς για την ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων της χώρας μας και την αντιμετώπιση των προβλημάτων που ανακύπτουν. [5]

Στην Ελλάδα, βέβαια υπάρχει και ο βασικός "Θεσμικός Νόμος" για το περιβάλλον [1650/1986(ΦΕΚ Α'160)] που ιεραρχικά είναι ανώτερος από κανόνας δικαίου από τα Προεδρικά διατάγματα (ΠΔ), τις υπουργικές αποφάσεις (ΥΑ), τις εγκυκλίους και τις δημοτικές διατάξεις. Ο συγκεκριμένος αυτός νόμος περιλαμβάνει μέτρα για την προστασία των νερών (άρθρα 9-10). Ο νόμος αυτός είναι ανενεργός, γιατί απαιτεί για την εφαρμογή του περίπου 14 ΠΔ, 4 Πράξεις Υπουργικού Συμβουλίου (ΠΥΣ) και 50 ΥΑ που δεν έχουν εκδοθεί ακόμα. Τέλος ο νόμος αυτός προβλέπει και την ίδρυση Ενιαίου Φορέα Περιβάλλοντος (Ε.ΦΟ.Π), ο οποίος ακόμα αναμένεται.

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται όλες οι σχετικές αποφάσεις για τα απόβλητα. Οι αποφάσεις αυτές βασίζονται στην Υγειονομική διάταξη Ε1β/221 του 1965, η οποία τροποποιήθηκε με την Γ1/17831 του 1971.

Πίνακας 4.2: Νομοθεσία σχετική με την επεξεργασία και διάθεση των αστικών αποβλήτων (Χλέπας Ν.Κ., Μέρτζιου Ε. , 1996 και Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ 1999) [6]

Αρ. Νομοθετήματος	ΦΕΚ	Τίτλος
ΚΥΑ Ε1β/221 (Υγειονομική Διάταξη)	138 Β/24.02.65	Περί διάθεσης λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων.
1413 (Απόφαση.ν.Σερρών)	327 Β/16.02.81	Περί καθορισμού χρήσεως των νερών του π. Στρυμόνα του χειμάρρου Αγ. Ιωάννη, της τάφρου Μπελίτσας και λοιπών αποδεκτών και ειδικών όρων διάθεσης λυμάτων ή υγρών βιομηχανικών αποβλήτων σε αυτούς.
1472 (Απόφαση.ν.Σερρών)	328 Β/08.06.81	Περί καθορισμού χρήσεως των νερών των χειμάρρων Κρουσοβείτη, Εζόβης Μεγ. Ρεύματος και Ζάμπας και ειδικών όρων διάθεσης λυμάτων ή υγρών βιομηχανικών αποβλήτων σε αυτούς.
6550 (Κοινή Νομαρχιακή Απόφαση)	580 Β/23/09/81	Περί καθορισμού χρήσεων των νερών του π. Αγγίτη και των χειμάρρων τάφρων και διωρύγων που καταλήγουν σε αυτόν.
Οικ. 41633 (Απόφαση ν.Ημαθίας)	291 Β/10.05.84	Περί των όρων διάθεσης λυμάτων και υγρών αποβλήτων σε φυσικούς αποδέκτες και ανώτατων επιτρεπτών ορίων.
Οικ. 3610 (Απόφαση ν. Πέλλας)	912 Β/31.12.84	Περί των όρων διάθεσης λυμάτων και υγρών αποβλήτων σε φυσικούς αποδέκτες και ανώτατων ορίων.
Οικ. 5340 (Κοινή Νομαρχιακή απόφαση)	142 Β/18.03.85	Ειδικοί όροι διάθεσης Λυμάτων και υγρών αποβλήτων σε φυσικούς αποδέκτες του νομού Χαλκιδικής.
ΔΥ/22374/91 (Απόφαση ν.Θεσσαλονίκης)	82 Β 10.02.94	Όροι διάθεσης των λυμάτων και υγρών βιομηχανικών αποβλήτων σε φυσικούς αποδέκτες και καθορισμός της ανώτερης τάξης χρήσης των υδάτων τους στον ν. Θεσσαλονίκης.
ΚΥΑ 5673/400	192 Β/14.03.97	Μέτρα και όροι για την επεξεργασία αστικών λυμάτων.
5662 (Απόφαση ν. Πιερίας)	464 Β/07.07.88	Τροποποίηση διάθεσης των λυμάτων και υγρών βιομηχανικών αποβλήτων σε φυσικούς αποδέκτες α) Θαλάσσια περιοχή ν.Πιερίας, β) Αλιάκμονα ποταμό

Όσον αφορά την επαναχρησιμοποίηση των εκροών των υγρών αποβλήτων δεν υπάρχει νομοθέτημα στη χώρα μας. Θα μπορούσαμε, βεβαίως, να αρκεστούμε στην ενδεχόμενη έκδοση νομοθετήματος σε επίπεδο ΕΕ (Οδηγία ή Κανονισμός) με συνακόλουθη ενσωμάτωσή του στο εθνικό δίκαιο. Όμως, οι νομοθετικές διαδικασίες στην ΕΕ είναι ιδιαίτερα χρονοβόρες. Έτσι, λαμβανομένου υπόψη ότι οι ελλειμματικές περιοχές σε διαθέσιμους υδατικούς πόρους εντοπίζεται κυρίως στον Ευρωπαϊκό Νότο και όχι στο σύνολο των Χωρών μελών της ΕΕ, πιθανόν να υπάρξει σχετική ολιγωρία και καθυστέρηση νομοθετικής ρύθμισης.

Σήμερα το νομοθετικό πλαίσιο για την ορθή διαχείριση των υδατικών πόρων και την προστασία των οικοσυστημάτων που εξαρτάται από αυτούς στην ΕΕ διέπεται από την οδηγία 60/2000/ΕΚ. Παρόλο που στην οδηγία αυτή δεν δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων, πιστεύεται η ευαισθητοποίηση των Ευρωπαίων πολιτών σε θέματα προστασίας του περιβάλλοντος θα συμβάλει θετικά στην προώθηση, ανάπτυξη και θέσπιση κριτηρίων για χρήση περιθωριακών νερών. Η ανάγκη προσαρμογής της Ελληνικής πολιτικής του τομέα υδατικών πόρων σε αυτή της ΕΕ προβλέπει ότι σύντομα η σχετική Ελληνική νομοθεσία θα αναπροσαρμοστεί ριζικά.

Με το δεδομένο ότι τα ανακτώμενα και επαναχρησιμοποιούμενα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα αποτελούν έναν νέο υδατικό πόρο και μια σταθερή πηγή νερού για άρδευση, θα ήταν δυνατό αφενός να υπάρξει νομοθετική τροποποίηση του Ν. 1739/87, ώστε να προβλεφθεί η διαχείρισή τους με τρόπο που να εναρμονίζεται με τα προαναφερθέντα στην ενότητα των νομικών θεμάτων που συνδέονται με αυτά (σύστημα αδειοδότησης, περιορισμοί κατά χρήση, αποζημιώσεις, μηχανισμοί τιμολόγησης, έκδοση κανονισμών λειτουργίας και διαχείρισης για κάθε έργο ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης και άλλα) και αφετέρου να εκδοθεί υγειονομική διάταξη με βάση τη διεθνή εμπειρία και τεχνογνωσία για τις προδιαγραφές καταλληλότητάς τους.

Επιπλέον θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι μια νέα Οδηγία για τα βιοστερεά προωθείται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, που παράγονται από την επεξεργασία υγρών αποβλήτων. Η ενσωμάτωση της παραπάνω Οδηγία στο Ελληνικό δίκαιο θα μπορούσε να συμπεριλάβει και την επαναχρησιμοποίηση των εκροών, αφού και στις δυο περιπτώσεις πρόκειται για αξιοποίηση προϊόντων των μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

Είναι αξιοσημείωτο ότι στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται κριτήρια διάθεσης για δευτεροβάθμια εκροή βάσει απόφασης των υπουργείων εσωτερικών και δημόσιας υγείας του 1965, στα οποία δεν γίνεται αναφορά σε θέματα ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης. Επίσης, όπως προαναφέρεται δεν υπάρχουν κανονισμοί για επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων εκροών σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης. Για να γίνει αυτή η φράση πραγματικότητα, απαιτείται διευκρίνιση για το τι θεωρείται κατάλληλο. Έτσι, η ανάγκη για την ανάπτυξη και εφαρμογή κανονισμών για την ανακύκλωση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων σε Εθνικό και Ευρωπαϊκό επίπεδο είναι εμφανής. [5]

4.2 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση θεωρείται αποτελεσματική πρακτική διάθεση τους, δεδομένου ότι:

Α) Εξοικονομούνται φυσικά αποθέματα νερού, τα οποία στις περισσότερες περιοχές είναι περιορισμένα

Β) Αποτελεί σταθερή πηγή νερού η οποία δεν εξαρτάται από τη βροχόπτωση
Γ) Εξασφαλίζεται η ποιότητα του περιβάλλοντος (έδαφος, επιφανειακά και υπόγεια ύδατα), αφού δεν καταλήγουν σε αυτό απορρίψεις λυμάτων

Για την ασφαλή επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων απαιτείται συστηματικός έλεγχος της ποιότητας σε σχέση με τη γεωργική του χρήση όπως και έλεγχος παραμέτρων, η παρουσία των οποίων μπορεί να επηρεάσει δυσμενώς τα συστήματα άρδευσης. Επίσης, λόγω του γεγονότος ότι υφίστανται περιπτώσεις όπου τα επεξεργασμένα λύματα καταλήγουν στα ύδατα φραγμάτων, τα οποία χρησιμοποιούνται για άρδευση ή για την παραγωγή πόσιμου νερού-πρέπει να ελέγχονται και άλλες παράμετροι που ενδέχεται να επηρεάσουν τις κατασκευές των φραγμάτων (π.χ. μετόν της βάσης των φραγμάτων). Τέλος, πρέπει να ελέγχεται και η ποιότητα του ανακυκλωμένου νερού στις περιπτώσεις που αυτό δεν χρησιμοποιείται άμεσα, αλλά αποθηκεύεται για μελλοντική χρήση, πρακτική που εφαρμόζεται κατά τους χειμερινούς μήνες, οπότε και μέρος των απαιτήσεων για άρδευση καλύπτονται από το νερό της βροχής.

Ο σκοπός της επαναχρησιμοποίησης είναι η διάθεση των επεξεργασμένων αποβλήτων ως αρδευτικό νερό. Οι βασικές συνιστώσες ενός συστήματος επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων αποβλήτων για άρδευση είναι:

- i. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του αρδευτικού νερού
- ii. Το είδος της καλλιέργειας
- iii. Τα χαρακτηριστικά της περιοχής
- iv. Η μέθοδος της άρδευσης
- v. Η πρακτική της άρδευσης

Ο αντικειμενικός στόχος της επαναχρησιμοποίησης είναι η διάθεση των επεξεργασμένων αποβλήτων, μετά από πρόσθετη επεξεργασία με σκοπό τη μεγιστοποίηση της απόδοσης της καλλιέργειας, από ποσοτική και ποιοτική άποψη. Ο στόχος αυτός πρέπει να επιτευχθεί χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις και με μια σειρά περιορισμούς που εξασφαλίζουν την προστασία της δημόσιας υγείας και την προστασία του αερίου, υγρού και εδαφικού περιβάλλοντος.

Για να χρησιμοποιηθούν τα επεξεργασμένα απόβλητα για άρδευση πρέπει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους να ικανοποιούν ορισμένα κριτήρια. Στη συνέχεια αναφέρονται τα σημαντικότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά και τα κριτήρια που πρέπει να ικανοποιούν αυτά. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι:

- i. Η περιεκτικότητα σε άλατα ή αλατότητα,
- ii. Η περιεκτικότητα σε νάτριο,
- iii. Η περιεκτικότητα σε ανθρακικά ιόντα, χλώριο και βόριο,
- iv. Η περιεκτικότητα σε μέταλλα,
- v. Η περιεκτικότητα σε αιωρούμενα στερεά,
- vi. Η περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά,
- vii. Η περιεκτικότητα σε παθογόνα συστατικά και
- viii. Η περιεκτικότητα σε τοξικά οργανικά.

(1)

4.2.1 Περιεκτικότητα σε άλατα

Η αλατότητα εκφράζεται ως η ολική συγκέντρωση των διαλυμένων αλάτων του αρδευτικού νερού, δηλ. των επεξεργασμένων λυμάτων και αποτελεί ένδειξη του κινδύνου να αλατωθεί το έδαφος. Η αλατότητα υπολογίζεται ως ηλεκτρική αγωγιμότητα ή ως ολικά διαλυμένα στερεά. Μια αναλυτική έκφραση που συνδέει με ικανοποιητική ακρίβεια (της τάξης του 10%) την EC και τα TDS είναι η ακόλουθη:

$$\text{TDS(σε mg/l)} = 640 * \text{EC (σε dS/m)}$$

Γενικά, δεν αναμένονται προβλήματα αλάτωσης του εδάφους, όταν η EC είναι μικρότερη από 0.7, τα προβλήματα δεν αναμένονται να είναι σημαντικά όταν η EC κυμαίνεται από 0.7 μέχρι 3, ενώ κίνδυνος αλάτωσης του εδάφους υπάρχει όταν οι τιμές της EC υπερβαίνουν τα 3 dS/m

.Επίσης, στον Πίνακα 2.25 δίδονται τα όρια αλατότητας του εδάφους που αρδεύεται (εκφρασμένα με την παράμετρο ηλεκτρικής αγωγιμότητας), για τα οποία ενδέχεται να δημιουργηθούν προβλήματα στις αντίστοιχες καλλιέργειες.

Πίνακας 4.3: Όρια αλατότητας εδάφους [1]

Όρια αλατότητας	Επίδραση στις καλλιέργειες
<1.3	Ευπάθεια
1.3 – 3	Μέτρια ευπάθεια
3 – 6	Μέτρια ανεκτικότητα
6 – 10	Ανεκτικότητα
>10	Ακαταλληλότητα

Σημείωση: Όλες οι τιμές σε dS/m

4.2.2 Περικτικότητα σε νάτριο

Η περιεκτικότητα του νατρίου εκφράζεται συνήθως ως ο λόγος των κατιόντων του διαλυτού νατρίου (Na^+) προς τα επίσης διαλυτά κατιόντα του ασβεστίου (Ca^{+2}) και του μαγνησίου (Mg^{+2}) που καλείται λόγος απορρόφησης νατρίου, σύμφωνα με την εξίσωση

$$\text{SAR} = \text{Na}^+ / (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})$$

οι συγκεντρώσεις του νατρίου, μαγνησίου και ασβεστίου προσδιορίζονται με χημική ανάλυση και εκφράζονται σε meq/l. Η παραπάνω εξίσωση, που προτάθηκε το 1954 από το Υπουργείο Γεωργίας των ΗΠΑ, εκφράζει την ενεργητικότητα των ιόντων του νατρίου και καθορίζει την ικανότητα εναλλαγής τους με άλλα κατιόντα, όπως του ασβεστίου και του μαγνησίου, που έχουν προσροφηθεί από τα κολλοειδή του εδάφους. Ειδικά για την περίπτωση χρησιμοποίησης αποβλήτων ως αρδευτικό νερό, συνιστάται η αντικατάσταση της συγκέντρωσης του Ca^{+2} με τις τιμές των συγκεντρώσεων που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1, με βάση το λόγο συγκεντρώσεων HCO_3^-/Ca και την EC. Οι τιμές του Πίνακα 1 θεωρείται ότι εκφράζουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τις μετατροπές των ιόντων των αλάτων του ασβεστίου.

Τα επεξεργασμένα απόβλητα περιέχουν συνήθως μεγάλες συγκεντρώσεις ασβεστίου, γεγονός όμως που δεν δημιουργεί κάποιο πρόβλημα. Όταν όμως, περιέχουν και μεγάλες συγκεντρώσεις νατρίου, οι τελευταίες σε συνδυασμό με υψηλές τιμές αλατότητας, μπορεί να δημιουργήσουν πρόβλημα αλκαλίωσης του εδάφους. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται ενδεικτικοί συνδυασμοί τιμών SAR και EC για τις οποίες μπορεί να παρουσιαστεί πρόβλημα αλκαλίωσης του εδάφους.

Πίνακας 4.4 : Πρόβλημα αλκαλίωσης του εδάφους για διάφορες τιμές EC και SAR. [1]

SAR	EC-Κανένα πρόβλημα	EC-Μικρό πρόβλημα	EC-Σημαντικό πρόβλημα
0-3	>0.7	0.7-0.2	<0.2
3-6	>1.2	1.2-0.3	<0.3
6-12	>1.9	1.9-0.5	<0.5
12-20	>2.9	2.9-1.3	<1.3
20-40	>5.0	5.0-2.9	<2.9

Μεγάλες συγκεντρώσεις νατρίου μπορεί και να είναι τοξικές σε ορισμένες καλλιέργειες. Για επιφανειακή άρδευση δεν αναμένεται κανένα πρόβλημα τοξικότητας για τιμές SAR μικρότερες από 3, μικρό πρόβλημα για τιμές από 3 μέχρι 9 και σημαντικά προβλήματα τοξικότητας, όταν η τιμή του SAR υπερβαίνει το 9. Για άρδευση με καταιονισμό δεν αναμένεται κανένα πρόβλημα τοξικότητας για συγκεντρώσεις νατρίου μικρότερες από 70 mg/l. [1]

4.2.3 Περιεκτικότητα σε ανθρακικά ιόντα, χλώριο και βόριο

Τα όξινα ανθρακικά ιόντα (HCO_3^-) έχουν την τάση να σχηματίζουν αδιάλυτες ενώσεις με τα ιόντα του ασβεστίου και του μαγνησίου με αποτέλεσμα τη σχετική αύξηση της συγκέντρωσης του νατρίου, που οδηγεί στο πρόβλημα της αλκαλίωσης του εδάφους. Γενικά, θεωρείται ότι δεν αναμένεται πρόβλημα για συγκεντρώσεις HCO_3^- μικρότερες από 90 mg/l, μικρό πρόβλημα για συγκεντρώσεις 90-500 mg/l, ενώ υπάρχει σημαντικό πρόβλημα για συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 500 mg/l.

Τα ιόντα χλωρίου σε μεγάλες συγκεντρώσεις δημιουργούν σημαντικά προβλήματα στην ανάπτυξη και βλάβες στα φύλλα δέντρων (όπως π.χ. λεμονιές, ακτινίδια) και λιγότερο σημαντικά σε καλλιέργειες λαχανικών, σπόρων δημητριακών, χοντροειδών ζωοτροφών και φυτικών ινών. Για επιφανειακή άρδευση δεν αναμένεται κανένα πρόβλημα για τιμές συγκεντρώσεων μικρότερες από 140 mg/l, μικρό πρόβλημα για τιμές συγκεντρώσεων 140-350 mg/l και σημαντικό πρόβλημα για συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 350 mg/l. Για άρδευση με καταιονισμό δεν αναμένεται κανένα πρόβλημα για συγκεντρώσεις χλωρίου μικρότερες από 100 mg/l.

Το βόριο βρίσκεται στα απόβλητα με τη μορφή του βορικού οξέος. Προέρχεται συνήθως από απορρυμαντικά ή και από βιομηχανικά απόβλητα. Δεν επηρεάζεται σημαντικά από την επεξεργασία των αποβλήτων. Αποτελεί απαραίτητο συστατικό των φυτών σε μικρές συγκεντρώσεις, αλλά μπορεί να είναι τοξικό σε σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις. Δεν κατακρατείται στο έδαφος και έτσι, αν δεν προσληφθεί από τα φυτά καταλήγει στα υπόγεια νερά. Μπορεί να προκαλέσει κιτρίνισμα, κυάνισμα, κοκκίνισμα και πρόωρη πτώση των φύλλων, καθώς και μειωμένη ανάπτυξη των φυτών. Είναι ιδιαίτερα τοξικό σε ορισμένες καλλιέργειες, όπως αχλαδιές, μηλιές, αμπέλια, κερασιές, ροδακινιές, βερυκοκιές, πορτοκαλιές και λεμονιές, σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 1 mg/l. Σε άλλες καλλιέργειες, όπως ο ηλιάνθος, οι πατάτες, το βαμβάκι, οι ντομάτες, οι ελιές, το κριθάρι, το καλαμπόκι και η βρώμη, δεν είναι τόσο τοξικό με ανώτατη αποδεκτή τιμή τα 2 mg/l. Υπάρχουν και καλλιέργειες ανθεκτικές στο βόριο, όπως τα αρμυρίκια, τα τεύτλα, η μηδική, τα κρεμμύδια, τα λάχανα, τα μαρούλια και τα καρότα, τα οποία μπορεί να αρδευτούν με συγκεντρώσεις βορίου μέχρι 3 mg/l. Οι συγκεντρώσεις του βορίου στα επεξεργασμένα απόβλητα κυμαίνεται από 0.1 μέχρι 2.5 mg/l (μέση τιμή = 0.7 mg/l).

Κατά συνέπεια, μπορεί να υπερβαίνουν το απαιτούμενο όριο των 1-2 mg/l για τις σχετικά ευαίσθητες καλλιέργειες που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Στις περιπτώσεις που αναμένεται υπέρβαση συνιστάται να ελέγχεται τακτικά η συγκέντρωση του βόριου στα επεξεργασμένα απόβλητα. [1]

4.2.4 Περιεκτικότητα σε μέταλλα

Τα μέταλλα που περιέχονται στα απόβλητα καταλήγουν κατά την επεξεργασία των αποβλήτων στην παραγόμενη λάσπη και έτσι το πρόβλημα της διάθεσης των μετάλλων ανάγεται στη διάθεση της λάσπης. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι οι συγκεντρώσεις των μετάλλων στα επεξεργασμένα απόβλητα μπορεί να θεωρούνται αμελητέες. Στα μέταλλα, που είναι πιθανό να δημιουργήσουν προβλήματα κατά την ανεξέλεγκτη εφαρμογή επεξεργασμένων αποβλήτων για άρδευση, ανήκουν κυρίως το κάδμιο, ο χαλκός, το μολυβδένιο, το νικέλιο και ο ψευδάργυρος. Τα μέταλλα αυτά (όπως και το βόριο) μπορεί να γίνουν τοξικά στις καλλιέργειες, αλλά και στα ζώα και στον άνθρωπο, μέσω της τροφικής αλυσίδας. Γι' αυτά τα μέταλλα, αλλά και για άλλα, συνιστώνται μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις στα επεξεργασμένα απόβλητα σύμφωνα με τον Πίνακα 3. για να χρησιμοποιηθούν τα επεξεργασμένα απόβλητα για άρδευση θα πρέπει όλα τα μέταλλα που περιέχουν να βρίσκονται σε μικρότερες συγκεντρώσεις από αυτές του Πίνακα 3.

Από τα στοιχεία του Πίνακα 3 διαπιστώνεται ότι οι επιτρεπόμενες τιμές συγκεντρώσεων του χαλκού, του νικελίου και του ψευδάργυρου για μακροπρόθεσμη και βραχυπρόθεσμη άρδευση είναι σημαντικά μεγαλύτερες από τις τυπικές τιμές τους σε βιολογικά επεξεργασμένα απόβλητα. Έτσι, αυτά τα μέταλλα δεν αναμένεται να προκαλέσουν κάποιο πρόβλημα τοξικότητας. Δεν ισχύει όμως το ίδιο και για το κάδμιο, το οποίο έχει επιπλέον το χαρακτηριστικό ότι μπορεί να γίνει τοξικό στον άνθρωπο και στα ζώα ακόμα και στις συγκεντρώσεις που δεν είναι τοξικό για τα φυτά. Το χαρακτηριστικό αυτό μπορεί να καταστήσει το κάδμιο περιοριστικό στοιχείο στην εφαρμογή επεξεργασμένων αποβλήτων για άρδευση.

Πίνακας 4.5 : Προτεινόμενο όριο συγκέντρωσης στο νερό που προορίζεται για άρδευση. [1]

Μέταλλο	Συγκεντρώσεις στα απόβλητα		Ανώτατα όρια	
	Όρια	Μέση τιμή	Μακροχρόνια χρήση	Βραχυχρόνια χρήση
As	<0.005-0.023	<0.005	0.1	2
Cd	<0.005-0.15	<0.005	0.01	0.05
Cr	<0.005-1.2	0.02	0.05	5
Cu	<0.006-1.3	0.04	0.2	5
Hg	<0.0002-0.001	0.0005	-	-
Mo	0.001-0.018	0.007	0.01	0.05
Ni	0.003-0.6	0.004	2	-
Pb	0.003-0.35	0.008	5	10
Se	<0.005-0.02	<0.005	0.02	1
Ze	0.004-1.2	0.04	2	10

4.2.5 Περιεκτικότητα σε αιωρούμενα στερεά

Στα συστήματα άρδευσης με καταιονισμό τα αιωρούμενα στερεά (SS) μπορεί να προκαλέσουν βιολογικές διαταραχές στα φύλλα των καλλιεργειών, ενώ στα συστήματα άρδευσης με σταγόνες υπάρχει έντονος ο κίνδυνος έμφραξης των σταλλακτών με αποτέλεσμα την κακή λειτουργία του συστήματος και την ανομοιομορφία της κατανομής του αρδευτικού νερού. Στα συστήματα επιφανειακής άρδευσης, οι μεγάλες συγκεντρώσεις των SS μπορεί να οδηγήσουν σε δραστική μείωση της υδραυλικής αγωγιμότητας και της διηθητικότητας των εδαφών (με τη δημιουργία επιφανειακής κρούστας και την έμφραξη των πόρων του εδάφους), ειδικά όταν αυτά είναι λεπτόκοκκα, καθώς και στη δημιουργία προβλημάτων στο φύτρωμα των σπόρων. [1]

4.2.6 Περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά

Τα θρεπτικά συστατικά που περιέχονται στα επεξεργασμένα απόβλητα, τα οποία μπορεί να έχουν λιπασματική αξία για τα φυτά, είναι κυρίως το άζωτο, ο φώσφορος αλλά και το κάλιο, ο ψευδάργυρος, το βόριο και το θείο. Τα συστατικά αυτά, όταν βρίσκονται σε συγκεντρώσεις που υπερβαίνουν τις ανάγκες των φυτών, μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα.

Το άζωτο βρίσκεται στα απόβλητα μετά δευτεροβάθμια επεξεργασία, κυρίως ως νιτρικά και ως αμμωνία ή αμμωνιακό άζωτο. Στα συστήματα ΠΑ, όπου συνήθως επιτυγχάνεται υψηλός βαθμός νιτροποίησης, οι συγκεντρώσεις των νιτρικών (30-35 mg/l) είναι πολύ υψηλότερες εκείνων της αμμωνίας (0.5-1.0 mg/l), ενώ όταν γίνεται βιολογική απομάκρυνση του αζώτου οι συγκεντρώσεις των νιτρικών είναι σημαντικά μικρότερες (10-15 mg/l). Το βασικό πλεονέκτημα του αζώτου είναι ότι αποτελεί σημαντικό λιπαντικό συστατικό για τις καλλιέργειες με αποτέλεσμα να είναι δυνατή μέχρι και η κατάργηση των λιπασμάτων. Όμως, η προσδιδόμενη ποσότητά του στις καλλιέργειες δε μπορεί να ρυθμιστεί. Ο φώσφορος βρίσκεται στα απόβλητα ως ανόργανος φώσφορος, κυρίως ως φωσφορικά. Στα συστήματα ΠΑ οι συγκεντρώσεις του φωσφόρου στην εκροή είναι της τάξης των 10-15 mg/l, χωρίς βιολογική απομάκρυνση, και 1-5 mg/l, όταν γίνεται βιολογική απομάκρυνσή του. [1]

4.2.7 Περιεκτικότητα σε παθογόνα συστατικά

Τα σημαντικότερα παθογόνα συστατικά, που έχουν άμεση σχέση με την προστασία της υγείας, είναι τα παθογόνα βακτηρίδια, οι σκώληκες, τα πρωτόζωα και οι ιοί. Τα σημαντικότερα παθογόνα βακτηρίδια είναι η Σαλμονέλλα (προκαλεί τυφοειδή πυρετό, σαλμονελλώσεις, κράμπες, ακόμα και θάνατο), η Σιγγέλα (προκαλεί πυρετό και διάρροιας), η Λεπτοσπείρα (προκαλεί λεπτοσπείρωση και μόλυνση των νεφρών, του συκωτιού και του κεντρικού νευρικού συστήματος), το δονάκιο της χολέρας (προκαλεί χολέρα, διάρροιας, αφυδάτωση ακόμα και θάνατο) και ο Βάκιλλος της φυματίωσης. Η μετάδοση των ασθενειών γίνεται συνήθως με επαφή με νερά ή και ζώα που έχουν μολυνθεί.

Οι σημαντικότεροι σκώληκες που μπορεί να βρεθούν στα απόβλητα είναι τα *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, αγγυλόστομα και *Taenia saginata*. Προκαλούν ασκαρίαση, σχιστοστομίαση και ταινίες, ακόμα και με τη μορφή προνυμφών (larvae) ή αυγών. Η μετάδοση των ασθενειών γίνεται συνήθως με επαφή με μολυσμένα νερά. Τα σημαντικότερα πρωτόζωα είναι τα *Gardia lamblia* και

Entamoeba histolytica, που προκαλούν αμοιβικές δυσεντερίες και ηπατίτιδες. Η μετάδοση των ασθενειών γίνεται συνήθως με επαφή με μολυσμένα νερά.

Από τους ιούς, ιδιαίτερη σημασία έχουν οι εντερικοί ιοί, οι οποίοι εισέρχονται στον οργανισμό δια της στοματικής οδού. Προκαλούν την ηπατίτιδα Α, την πολυομελίτιδα, καθώς και διαταραχές του αναπνευστικού και του πεπτικού συστήματος.

Για την προστασία της δημόσιας υγείας, έχουν προταθεί κατά καιρούς διάφορες ανώτατες τιμές συγκεντρώσεων των παραπάνω βιολογικών χαρακτηριστικών στα επεξεργασμένα απόβλητα. Αυτές οι τιμές θεωρείται ότι εξασφαλίζουν τη χωρίς δυσάρεστες επιπτώσεις εφαρμογή της άρδευσης με επεξεργασμένα απόβλητα, χωρίς όμως να βασίζονται συνήθως σε κάποια επιδημιολογική έρευνα με την οποία μπορεί να εκτιμηθούν πλήρως οι κίνδυνοι στη δημόσια υγεία. Οι τιμές αυτές ποικίλλουν έντονα ανάλογα με την χώρα, την περιοχή, τη μέθοδο άρδευσης, το είδος της καλλιέργειας, το βαθμό επεξεργασίας των αποβλήτων (από πρωτοβάθμια μέχρι και πρόσθετη) και άλλους παράγοντες.

Στις αυστηρές περιπτώσεις ανήκουν οι απαιτήσεις της Πολιτείας της Καλιφόρνια, γνωστές και ως Title 22, τμήμα των οποίων παρουσιάζεται στον Πίνακα 4. σύμφωνα με την Title 22 για την άρδευση καλλιεργειών των οποίων τα προϊόντα τρώγονται ωμά, πάρκων, γηπέδων και γενικά εκτάσεων στις οποίες επιτρέπεται η πρόσβαση του κοινού, τα επεξεργασμένα απόβλητα θα πρέπει να έχουν υποστεί επαρκή οξείδωση, διύλιση και απολύμανση με μέση συγκέντρωση (MPN) ολικών κολοβακτηριδίων (TC) 2.2/100 ml. Η Πολιτεία της Αριζόνας προτείνει περιοριστικές τιμές και για τους εντερικούς ιούς (1 PFU/40 ml). Η Πολιτεία της Φλόριδα απαιτεί την έλλειψη ανιχνεύσιμων συγκεντρώσεων κολοβακτηριδίων περιττωματικής προέλευσης (FC), που ουσιαστικά επιτυγχάνεται με πρόσθετη επεξεργασία (διύλιση) και με χλωρίωση που εξασφαλίζει υπολειμματικό χλώριο 1 mg/l μετά από επαφή 30 λεπτών στη μέση παροχή.

Στις λιγότερο αυστηρές ανήκουν οι παλαιές τιμές που πρότεινε ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (World Health Organization, WHO), σύμφωνα με τον οποίο η μέγιστη συγκέντρωση των κολοβακτηριδίων μπορεί ναφτάνει τα 100/100 ml στο 80% των δειγμάτων.

Σε πιο πρόσφατη έκθεση επιτροπής ειδικών επιστημόνων του WHO προτείνονται νέες τιμές. Όσον αφορά τα FC οι νέες τιμές είναι λιγότερο συντηρητικές (με το σκεπτικό ότι οι προηγούμενες τιμές υπερεκτιμούσαν τον κίνδυνο μόλυνσης), αλλά όσον αφορά τους σκώληκες (*Ascaris*, *Trichuris* και αγκυλόστομα) και τις κύστες πρωτοζώων είναι περισσότερο αυστηρές. Έτσι, για την άρδευση καλλιεργειών με προϊόντα που τρώγονται ωμά, πάρκων, σχολείων και γηπέδων προτείνεται το όριο των 1000/100 ml (γεωμετρικός μέσος) και το όριο του 1 αυγού/lit (γεωμετρικός μέσος) για τους εντερικούς ιούς. Το όριο των κολοβακτηριδίων προτείνεται να είναι αυστηρότερο (200/100 ml) στην περίπτωση άρδευσης πράσινων εκτάσεων, όπου επιτρέπεται η πρόσβαση του κοινού. [1]

Πίνακας 4.6: Προτεινόμενη επεξεργασία ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας [1]

Καλλιέργεια. Είδος άρδευσης	Πρωτοβάθμια επεξεργασία. Απολύμανση.	Δευτεροβάθμια επεξεργασία.	Πρόσθετη επεξεργασία MPN/100ml	Ολική Κολοβακτηρίδια
Καλλιέργειες για ζωοτροφές, φυτικές ίνες και φυτικούς σπόρους.	X			Καμιά απαίτηση
Προϊόντα που τρώγονται ομα. Επιφανειακή άρδευση.		X		2.2
Προϊόντα που τρώγονται ομα. Άρδευση με καταιονισμό. Πάρκα, σχολεία, γήπεδα.			X	2.2
Προϊόντα που δεν τρώγονται ομα. Επιφανειακή άρδευση.				Καμιά απαίτηση
Προϊόντα που δεν τρώγονται ομα. Άρδευση με καταιονισμό. Γήπεδα γκόλφ, νεκροταφεία.				2.3

Για την περίπτωση της Ελλάδας και των άλλων μεσογειακών χωρών, οι απαιτήσεις της Πολιτείας της Καλιφόρνια θεωρείται ότι είναι ιδιαίτερα αυστηρές και αντιοικονομικές, ενώ οι απαιτήσεις του WHO για τα κολοβακτηρίδια κρίνονται μάλλον ως ανεπαρκείς. Τιμές συγκεντρώσεων κολοβακτηριδίων της τάξης των 20-30/100 ml μπορούν να αποτελέσουν ένα ικανοποιητικό αρχικό βήμα για την περίπτωση της χώρας μας, μέχρι να πραγματοποιηθεί μια συστηματική έρευνα. [1]

4.2.8 Περιεκτικότητα σε τοξικά οργανικά συστατικά

Στα απόβλητα μπορεί να υπάρχουν σύνθετα οργανικά συστατικά (π.χ χλωροφόρμιο, χλωροβενζόλιο, μαλάθιο κ.α), τα οποία αν και βρίσκονται σε εξαιρετικά χαμηλές συγκεντρώσεις (1 ppb), θεωρείται ότι πιθανόν να είναι τοξικά ή και να εγκυμονούν κίνδυνο καρκίνου. Τα συστατικά αυτά με τη διαδικασία της

άρδευσης καταλήγουν στο έδαφος. Στο έδαφος, μέρος τους συγκρατείται και μέρος τους απορροφάται από τα φυτά και καταλήγει τελικά στον άνθρωπο μέσω της τροφικής αλυσίδας σε σημαντικά μικρότερες συγκεντρώσεις από τις αρχικές. Εξαιτίας των πολύ χαμηλών συγκεντρώσεών τους, δεν αναμένεται να έχουν κάποια σημαντική περιβαλλοντική επίπτωση στην υγεία του ανθρώπου κατά την άρδευση με επεξεργασμένα απόβλητα. [1]

4.2.9 Το είδος της καλλιέργειας

Η ελευθερία της επιλογής του είδους της καλλιέργειας δίνει τη δυνατότητα αποφυγής προβλημάτων στα φυτά, αλλά και στη δημόσια υγεία. Επιλέγοντας μια καλλιέργεια ανθεκτική σε αλκαλιωμένα εδάφη και σε τοξικά συστατικά περιορίζεται σημαντικά τα προβλήματα που μπορεί να προκληθούν στη καλλιέργεια. Επιλέγοντας, επίσης μια καλλιέργεια που οι καρποί της δεν καταναλώνονται ωμοί ή δεν έρχονται σε επαφή με την αρδευόμενη επιφάνεια του εδάφους περιορίζονται οι κίνδυνοι προσβολής της δημόσιας υγείας. Σε περίπτωση που το είδος της καλλιέργειας είναι δεδομένο, η προσοχή στρέφεται στα χαρακτηριστικά των αρδευτικών νερών, τα οποία πρέπει να υποστούν την απαραίτητη πρόσθετη επεξεργασία, ώστε να ικανοποιούν τις απαραίτητες προδιαγραφές. [1]

4.2.10 Τα χαρακτηριστικά της περιοχής

Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της περιοχής είναι τα ακόλουθα:

- i. Η τοπογραφία της περιοχής
- ii. Τα χαρακτηριστικά του εδάφους
- iii. Οι γεωλογικές συνθήκες της περιοχής
- iv. Τα υπόγεια νερά
- v. Οι χρήσεις της γης και
- vi. Το κλίμα της περιοχής. [1]

4.2.10.1 Η τοπογραφία της περιοχής

Η τοπογραφία της περιοχής χαρακτηρίζεται κυρίως από την κλίση του εδάφους, αλλά και από τις υψομετρικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων αρδευόμενων τμημάτων. Οι αρδευόμενες περιοχές δεν πρέπει να έχουν μεγάλες κλίσεις εδάφους καθόσον αυτές (α) ευνοούν τη διάβρωση του εδάφους, (β) οδηγούν σε ασταθείς εδαφικές συνθήκες, όταν το έδαφος είναι κορεσμένο, (γ) καθιστούν δύσκολη, αν όχι αδύνατη, την πραγματοποίηση της καλλιέργειας και (δ) καθιστούν αντικοινωνική την άρδευση. Οι μέγιστες ανεκτές κλίσεις εξαρτώνται από το είδος της καλλιέργειας. Για αρώσιμες καλλιέργειες, οι κλίσεις του εδάφους μπορεί να είναι μέχρι 15%, για βοσκοτόπους 15-20% (ανάλογα με την απορροή) και για δέντρα που αρδεύονται με καταιονισμό 15-30%.

Εκτός από την κλίση του εδάφους, δεν πρέπει να υπάρχουν σημαντικές υψομετρικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων αρδευόμενων τμημάτων, γιατί μπορεί να οδηγήσουν σε (α) μεγάλη οικονομική επιβάρυνση, εξαιτίας των απαιτούμενων αντλήσεων και (β) σε δυσκολία υδραυλικής κατανομής του αρδευτικού νερού. [1]

4.2.10.2 Τα χαρακτηριστικά του εδάφους

Το έδαφος χαρακτηρίζεται από φυσικής, υδραυλικής, χημικής και μικροβιολογικής πλευράς. Τα βασικότερα φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους είναι η μηχανική του σύσταση, η δομή (και η συνεκτικότητα) και το βάθος του. Τα σημαντικότερα υδραυλικά χαρακτηριστικά είναι η διηθητικότητα και η υδραυλική αγωγιμότητα (ή διαπερατότητα). Από τα χημικά χαρακτηριστικά ιδιαίτερη σημασία έχουν το PH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) και το ποσοστό του εναλλακτικού νατρίου (ESP), δευτερεύουσα σημασία έχουν η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (CEC), ο διαθέσιμος φώσφορος, τα οργανικά συστατικά και σε ορισμένες περιπτώσεις το βόριο. Από μικροβιολογική άποψη, τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά είναι οι παθογόνοι μικροοργανισμοί. [1]

4.2.10.3 Φυσικά χαρακτηριστικά

Η μηχανική σύσταση του εδάφους αναφέρεται στην κατανομή του μεγέθους των ανόργανων στερεών σωματιδίων του, τα οποία είναι η άμμος (μεγέθους 0.05 –2.0 mm), η ιλύς (μεγέθους 0.002 mm) και η άργιλος (μεγέθους μικρότερου από 0.002 mm). Η μηχανική σύσταση του εδάφους προσδιορίζεται με τη μηχανική (ή κοκκομετρική) ανάλυση, που γίνεται με κοσκίνισμα, φυγοκέντριση ή καθίζηση.

Το έδαφος κατατάσσεται σε διάφορες τάξεις χαρακτηριζόμενο από την ποσοστιαία αναλογία του σε άμμο, ιλύ και άργιλο. Με βάση τη μηχανική τους σύσταση τα εδάφη χαρακτηρίζονται και ως ελαφριά (χαλαρά, χοντρόκοκκα) ή ως βαριά (σφικτά ή λεπτόκοκκα). Τα σφικτά εδάφη δεν αποστραγγίζονται καλά και κατακρατούν μεγάλες ποσότητες νερού για μεγάλο χρονικό διάστημα, σε αντίθεση με τα χαλαρά εδάφη που μπορεί να δεχθούν μεγάλες ποσότητες νερών, τις οποίες όμως δεν κατακρατούν για αρκετά σημαντικό χρονικό διάστημα. Ιδανικά εδάφη για την περίπτωση με επεξεργασμένα απόβλητα πρέπει να θεωρούνται μέσης χαλαρότητας, όπως π.χ. τα πηλώδη εδάφη.

Οι κόκκοι της άμμου και της ιλύος συνενώνονται σε συσσωματώματα με τη συγκολλητική δράση της αργίλου, των οργανικών συστατικών και των οξειδίων του σιδήρου και του μαγγάνιου. Ως δομή του εδάφους εννοείται η μορφή και το μέγεθος των συσσωματωμάτων. Η δομή ενός εδάφους δείχνει την ικανότητά του για αποθήκευση, διήθηση, αερισμό και κίνηση του νερού στο έδαφος. Ως συνεκτικότητα του εδάφους θεωρείται η ικανότητα των κόκκων του εδάφους να αντιστέκονται στο διαχωρισμό. Τα αμμώδη εδάφη έχουν μικρότερη συνεκτικότητα από τα αργιλώδη.

Το βάθος του εδάφους θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το βάθος της ζώνης ριζοστρώματος της καλλιέργειας, δηλαδή του βάθους της ζώνης του εδάφους που καταλαμβάνεται από τον κύριο όγκο των ριζών των φυτών, από την οποία τα φυτά αντλούν σχεδόν όλο το νερό για την ανάπτυξή τους. Η ζώνη αυτή λειτουργεί ως αποθήκη – δεξαμενή του νερού, αλλά και ως αντιδραστήρας, όπου πραγματοποιούνται οι βιοχημικές αντιδράσεις. Κατά την εφαρμογή επεξεργασμένων αποβλήτων για άρδευση, το βάθος θεωρείται ως επαρκές όταν είναι της τάξης των 0.6-1.0 m, ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας. [1]

4.2.10.4 Υδραυλικά χαρακτηριστικά

Ως διήθηση θεωρείται η κατακόρυφη κίνηση του νερού δια της επιφάνειας του εδάφους. Ως ταχύτητα διήθησης ή διηθητικότητα ορίζεται ο ρυθμός με τον οποίο εισέρχεται το νερό μέσα στο έδαφος δια της επιφάνειας, όταν υπάρχει περίσσεια

νερού. Η διηθητικότητα για ένα συγκεκριμένο έδαφος εξαρτάται από την περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό. Η διηθητικότητα έχει την ελάχιστη τιμή όταν το έδαφος είναι κορεσμένο, δηλαδή όταν οι πόροι του εδάφους είναι γεμάτοι με νερό.

Ως κορεσμένη υδραυλική αγωγιμότητα ενός εδαφικού στρώματος θεωρείται ο ρυθμός της κατακόρυφης κίνησης δια του εδαφικού ορίζοντα του στρώματος σε συνθήκες κορεσμού. Συνήθως, ένα έδαφος αποτελείται από διαδοχικά στρώματα διαφόρων ειδών εδαφών με διαφορετική υδραυλική αγωγιμότητα. Ιδιαίτερη σημασία έχουν η ελάχιστη υδραυλική αγωγιμότητα και η αγωγιμότητα του επιφανειακού στρώματος του εδάφους. [1]

4.2.10.5 Χημικά και μικροβιολογικά χαρακτηριστικά

Τα βασικότερα χημικά χαρακτηριστικά του εδάφους είναι το pH, η EC, το ESP, η CEC, ο διαθέσιμος φώσφορος, τα οργανικά συστατικά και σε ορισμένες περιπτώσεις το βόριο. Συνήθως, μετρούνται το pH, η EC και το CEC. Όταν αναμένονται μεγάλες συγκεντρώσεις νατρίου στα επεξεργασμένα νερά, τότε απαιτείται και η μέτρηση του ESP. [1]

4.2.10.6 Αλκαλίωση του εδάφους

Η επίδραση του νατρίου στα υδραυλικά χαρακτηριστικά του εδάφους (διηθητικότητα και υδραυλική αγωγιμότητα) και στις καλλιέργειες είναι σημαντική. Γενικά, εδάφη με ESP μεγαλύτερο από 15% χαρακτηρίζονται ως αλκαλιωμένα. Σε υψηλές συγκεντρώσεις νατρίου, σωματίδια αργίλου διασπείρονται στο έδαφος δημιουργώντας χαμηλή υδραυλική αγωγιμότητα, πτωχό αερισμό του εδάφους και γενικά υποβάθμιση των φυσικών χαρακτηριστικών του εδάφους (σχηματισμός κρούστας με αποτέλεσμα τη μειωμένη υδραυλική αγωγιμότητα). Το αποτέλεσμα είναι να μην είναι δυνατή η συγκράτηση των απαραίτητων αρδευτικών νερών και έτσι η άρδευση δεν είναι αποτελεσματική. Σε περίπτωση αλκαλιωμένων εδαφών μπορεί να γίνει η εκσκαφή και η αντικατάσταση του υποβαθμισμένου στρώματος εδάφους. Παράλληλα, μπορεί να γίνει προσθήκη ασβεστίου στο έδαφος (το οποίο αντικαθιστά το νάτριο) και στη συνέχεια έκπλυση του εδάφους για να παρασυρθεί και να απομακρυνθεί το αφαιρούμενο νάτριο. [1]

4.2.10.7 Αλάτωση του εδάφους

Όταν γίνεται συνεχής άρδευση με επεξεργασμένα απόβλητα που έχουν μεγάλη αλατότητα το έδαφος καθίσταται ολοένα και περισσότερο αλκαλικό, τα ανθρακικά άλατα δεσμεύονται στο έδαφος και δεν είναι πλέον διαθέσιμα στα φυτά. Το έδαφος αλατώνεται και συμπυκνώνεται με αποτέλεσμα να έχει χαμηλή υδραυλική αγωγιμότητα και πτωχό αερισμό.

Παράλληλα, όσο μεγαλύτερη είναι η αλατότητα των νερών του εδάφους τόσο μεγαλύτερη ποσότητα από τη διαθέσιμη ενέργειά τους αναγκάζονται να χρησιμοποιήσουν τα φυτά για να ρυθμίσουν τη συγκέντρωση των αλάτων που περιέχουν τα κύτταρά τους (οσμωτική ρύθμιση). Το αποτέλεσμα είναι να μένει ολοένα και μικρότερη διαθέσιμη ενέργεια για την ανάπτυξη των φυτών, που οδηγεί σε μειωμένες αποδόσεις των καλλιεργειών.

Η αλατότητα των νερών του εδάφους εξαρτάται έντονα από τις απώλειες νερού εξαιτίας της εξατμισοδιαπνοής, δηλαδή εξαιτίας της εξάτμισης από τις επιφάνειες του εδάφους και των φυτών, καθώς και από την αναπνοή των φυτών. Η

εξατμισοδιαπνοή είναι ιδιαίτερα σημαντική σε περιοχές με κλιματικές συνθήκες που συνδυάζουν υψηλές θερμοκρασίες και χαμηλές υγρασίες. Όσο μεγαλύτερη είναι η εξατμισοδιαπνοή, τόσο μεγαλύτερες ποσότητες αλάτων συσσωρεύονται κοντά στις ρίζες των φυτών και τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος αλάτωσης του εδάφους.

Η αλάτωση των εδαφών δεν αποτελεί συνήθως σημαντικό πρόβλημα και αντιμετωπίζεται με την καλή αποστράγγιση των εδαφών, ώστε το αρδευτικό νερό να διέρχεται από την περιοχή των ριζών των φυτών, χωρίς όμως να συσσωρεύεται σε αυτή. Παράλληλα, μπορεί να γίνεται και προσθήκη γύψου ή και θείου στο έδαφος για τη μείωση του pH. Σημειώνεται, ότι στην αλατότητα των νερών του εδάφους είναι δυνατό να συνεισφέρουν και τα υπόγεια νερά. [1]

4.2.10.8 Το άζωτο στο έδαφος

Το οργανικό άζωτο στα επεξεργασμένα απόβλητα (που μπορεί να διασπαστεί βιολογικά) μετατρέπεται στο έδαφος από αερόβιους και αναερόβιους μικροοργανισμούς σε αμμωνιακό άζωτο. Το αμμωνιακό άζωτο μπορεί (α) να προσληφθεί από τα φυτά, (β) να νιτροποιηθεί σε νιτρώδη και νιτρικά, (γ) να απορροφηθεί από τα αρνητικά φορτισμένα αργιλικά και οργανικά κολλοειδή του εδάφους ή (δ) να εξαερωθεί σε αμμωνία. Τα νιτρικά μπορεί (α) να προσληφθούν από τα φυτά, (β) να απονιτροποιηθούν (ως αέριο άζωτο) ή (γ) να εκπλυθούν.

Η πρόσληψη του αζώτου από τα φυτά εξαρτάται σημαντικά από τη συγκέντρωση των νιτρικών στο εδαφικό νερό, το οποίο έρχεται σε επαφή και απορροφάται από τις ρίζες των φυτών. Το ποσοστό πρόσληψης του αζώτου εξαρτάται από την καλλιέργεια, το βάθος και την κατανομή του ριζικού συστήματος των φυτών, το βαθμό ανάπτυξης των φυτών, την ταχύτητα ροής του εδαφικού νερού στη ζώνη των ριζών και άλλους παράγοντες. Γενικά, το ποσοστό της πρόσληψης δεν υπερβαίνει το 50%. Στο εδαφικό νερό πρέπει να υπάρχει μια ελάχιστη συγκέντρωση νιτρικών, η οποία εξασφαλίζει τις ανάγκες των φυτών σε άζωτο. Από παρατηρήσεις των Broadbent and Rauschkolb σε καλλιέργειες καλαμποκιού διαπιστώθηκε ανεπάρκεια αζώτου, ακόμα και για συγκεντρώσεις νιτρικών στο εδαφικό νερό της τάξης των 10-13 mg/l.

Η νιτροποίηση του αμμωνιακού αζώτου σε εδάφη με επαρκή αερισμό και υψηλές θερμοκρασίες είναι πολύ γρήγορη, κυμαινόμενη από 15 μέχρι 193 kg N/ha*day.

Η απορρόφηση του αμμωνιακού αζώτου από τα αρνητικά φορτισμένα αργιλικά και οργανικά κολλοειδή του εδάφους πραγματοποιείται σε όλα σχεδόν τα είδη εδάφους, εκτός από τα πολύ αμμώδη. Η απορρόφηση αυτή είναι προσωρινή διαρκώντας το πολύ μερικές εβδομάδες. Στη συνέχεια, το απορροφημένο αμμωνιακό άζωτο νιτροποιείται.

Η εξαέρωση της αμμωνίας δεν είναι συνήθως σημαντική, καθόσον τα αστικά απόβλητα έχουν pH της τάξης του 7. Μόνο όταν τα εδάφη είναι αλκαλικά (pH μεγαλύτερο από 7.5-8.5) και η άρδευση γίνεται με καταιονισμό, οι απώλειες του αζώτου εξαιτίας της εξαέρωσης της αμμωνίας μπορεί να φτάσουν σε σημαντικά επίπεδα (20%). Η πιθανότητα, όμως, της απορρόφησης της αερίου αμμωνίας από τα φύλλα των φυτών περιορίζει ακόμα περισσότερο τις απώλειες λόγω εξαέρωσης.

Η απονιτροποίηση των νιτρικών σε αέριο άζωτο γίνεται σε πολύ περιορισμένο βαθμό στο ανώτατο στρώμα του εδάφους, βάθους περίπου 10 cm, και είναι αμελητέα σε χαλαρά εδάφη με καλό αερισμό και χαμηλές συγκεντρώσεις οργανικών.

Όσο από το άζωτο δεν προσλαμβάνεται από τα φυτά, καταλήγει στα υπόγεια νερά. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται, ώστε η συγκέντρωση του νιτρικού αζώτου στα υπόγεια νερά να μην υπερβαίνει το όριο των 10 mg/l για λόγους υγείας. [1]

4.2.10.9 Ο φώσφορος στο έδαφος

Τα φωσφορικά των επεξεργασμένων αποβλήτων μπορεί (α) να προσληφθούν από τα φυτά, (β) να δεσμευτούν από τη στερεή φάση του εδάφους σχηματίζοντας αδιάλυτα φωσφορικά άλατα με το αλουμίνιο, το σίδηρο και το ασβέστιο ή (γ) να αποδεσμευτούν κατά τη διάβρωση του εδάφους, π.χ. από τα νερά της απορροής.

Γενικά, το μεγαλύτερο μέρος του εφαρμοζόμενου φωσφόρου προσλαμβάνεται από τα φυτά ή δεσμεύεται στη στερεή φάση του εδάφους και μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό (περίπου 3%) απορρέει ή καταλήγει στα υπόγεια νερά, χωρίς γενικά να αναμένεται να δημιουργήσει προβλήματα ρύπανσης. [1]

4.2.10.10 Τα μέταλλα στο έδαφος – Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων

Τα μέταλλα που βρίσκονται σε αιωρούμενη μορφή δεσμεύονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους με τη διαδικασία της διήθησης. Όταν τα μέταλλα βρίσκονται σε διαλυμένη μορφή, αυτά δεσμεύονται στο έδαφος κυρίως με τις διεργασίες της προσρόφησης και κατακρήμνισης. Τα ποσοστά δέσμευσης των μετάλλων στο έδαφος εξαρτώνται από την υφή του εδάφους, το pH, τα οργανικά συστατικά του εδάφους και το περιεχόμενο σε άμορφα οξείδια του σιδήρου, αλουμινίου και μαγγανίου. Γενικά, τα μέταλλα που βρίσκονται σε κατιονική μορφή (χαλκός, μόλυβδος, ψευδάργυρος, κάδμιο, νικέλιο, και υδράργυρος), αλλά και αυτά σε ανιονική μορφή (οξείδια του αρσενικού, χρωμίου) δεσμεύονται τόσο περισσότερο στο έδαφος, όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα του εδάφους σε άργιλο και οξείδια του σιδήρου. Η φυσική κατάσταση στην οποία βρίσκονται τα μέταλλα είναι συνάρτηση του pH. Όταν το pH είναι μικρότερο από 6.5, τα περισσότερα μέταλλα (σε κατιονική μορφή) βρίσκονται διαλυμένα στα επεξεργασμένα απόβλητα, ενώ για μεγαλύτερες τιμές του pH βρίσκονται σε στερεή κατάσταση (υδροξείδια, οξείδια).

Από τα μέταλλα που διατίθενται στο έδαφος, μόνο ένα μικρό ποσοστό τους, συνήθως μικρότερο από 10%, δεσμεύεται από τα φυτά. Εναλλακτικά, των περιοριστικών συγκεντρώσεων απόβλητα, η USEPA προτείνει και την εφαρμογή ενός δείκτη που εκφράζει τη συνολική επίδραση του καδμίου, του χαλκού, του νικελίου, του ψευδαργύρου και του μόλυβδου, που καλείται ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (Cation Exchange Capacity, CEC). Η CEC αποτελεί χαρακτηριστικό του εδάφους και μετρείται σε meq μετάλλου ανά 100 gr ξηρού εδάφους.

Για τις διάφορες τιμές της CEC, η USEPA προτείνει κατά τη διάθεση λάσπης από ΕΕΑΑ σε εδάφη μέγιστες τιμές επιφανειακής φόρτισης (kg/ha) για κάθε μέταλλο, οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα.

Με βάση τις τιμές των Πινάκων 4.5 και 4.7 μπορεί να υπολογιστούν οι μέγιστοι επιτρεπόμενοι χρόνοι εφαρμογής, δηλαδή οι χρόνοι μετά την πάροδο των οποίων γίνεται υπέρβαση του μακροπρόθεσμου ορίου που προτείνει η USEPA. Έτσι, για το κάδμιο το οποίο μετά από δευτεροβάθμια επεξεργασία έχει μια μέση συγκέντρωση 0.005 mg/l, και θεωρώντας ένα ρυθμό εφαρμογής αρδευτικού νερού 1.2 m/έτος προκύπτει η ετήσια επιβάρυνση του εδάφους σε κάδμιο, ίση με $0.005 \cdot 1.2 \cdot 10 = 0.06$ kg/ha έτος. Θεωρώντας τη δυσμενέστερη περίπτωση που η CEC είναι μικρότερη από 5, σύμφωνα με τον Πίνακα 4.5 η μέγιστη επιφανειακή φόρτιση είναι ίση με 5 kg/ha, οπότε ο μέγιστος επιτρεπόμενος χρόνος εφαρμογής για το

κάδμιο υπολογίζεται ίσος με $5/0.06 = 83$ έτη. Επομένως, όσον αφορά το κάδμιο (που συνήθως είναι και το περιοριστικό μέταλλο) ένα έδαφος μπορεί να αρδεύεται για τουλάχιστον 83 έτη, χωρίς να αναμένεται να παρουσιάσει πρόβλημα τοξικότητας στα φυτά. [1]

Πίνακας 4.7: Μέγιστες τιμές επιφανειακής φόρτισης kg/ha για διάφορες τιμές CEC. [1]

Μέταλλο	CEC<5	CEC=5-15	CEC>5
Cd	5	10	20
Cu	125	250	500
Ni	125	250	500
Zn	250	500	1000
Pb	500	1000	2000

4.2.10.11 Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί στο έδαφος

Όταν οι παθογόνοι μικροοργανισμοί διοχετεύονται με τα απόβλητα στο έδαφος, παραμένουν σε αυτό για χρονικό διάστημα που ποικίλλει από μια ημέρα μέχρι μερικούς μήνες, ανάλογα με τις συνθήκες και το είδος των μικροοργανισμών. Η παραμονή και επιβίωση των εντερικών βακτηριδίων στο έδαφος δεν ευνοείται από τις χαμηλές τιμές υγρασίας εδάφους, τις χαμηλές συγκεντρώσεις οργανικών, τις εξαιρετικά όξινες ή και εξαιρετικά αλκαλικές συνθήκες, την υψηλή ακτινοβολία και τις υψηλές συγκεντρώσεις ανταγωνιστικών οργανισμών. Η παρουσία των ιών στο έδαφος κυμαίνεται από 25 μέχρι 170 ημέρες, με τις χαμηλότερες τιμές να παρατηρούνται σε υψηλές τιμές συγκεντρώσεων αλάτων χλωρίου και αμμωνίας, υψηλές θερμοκρασίες και υψηλές τιμές pH.

Οι περισσότερες μελέτες που έχουν γίνει δείχνουν ότι η παρουσία των παθογόνων μικροοργανισμών περιορίζεται σε λίγα εκατοστά του επιφανειακού στρώματος του εδάφους. Έτσι, πολύ σπάνια και όταν το επιτρέπουν ειδικές γεωλογικές συνθήκες (π.χ. ύπαρξη ρηγμάτων) μπορεί να προκληθεί μόλυνση των υπόγειων νερών. [1]

4.2.10.12 Οι γεωλογικές συνθήκες της περιοχής

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί και ασυνέχειες μπορεί να δημιουργήσουν διόδους στην πορεία των αρδευτικών νερών προς τα υπόγεια νερά. Έτσι, όταν π.χ. κάτω από το επιφανειακό έδαφος υπάρχει βραχώδες έδαφος με ρήγματα, όπως π.χ. ασβεστόλιθος, τότε τα νερά καταλήγουν γρήγορα στον υπόγειο ορίζοντα. Οι γεωλογικές συνθήκες δεν έχουν ιδιαίτερη σημασία όταν το βάθος του εδάφους είναι αρκετό για τη συγκράτηση του νερού και των απαραίτητων συστατικών του. [1]

4.2.10.13 Τα υπόγεια νερά

Το βάθος του υπόγειου ορίζοντα και η ποιότητα των υπόγειων νερών έχουν ιδιαίτερη σημασία. Όταν ο υπόγειος ορίζοντας βρίσκεται υψηλά μπορεί να επιδράσει σημαντικά στην ανάπτυξη των καλλιεργειών και στη μακροπρόθεσμη διήθηση των αρδευτικών νερών, ενώ παράλληλα απαιτείται και υπόγεια αποστράγγιση. Γενικά, κατά την άρδευση με επεξεργασμένα απόβλητα προτιμούνται υπόγειοι ορίζοντες με βάθη μεγαλύτερα από 0.9 – 1.2 m. [1]

4.2.10.14 Οι υπάρχουσες και σχεδιαζόμενες χρήσεις γης

Οι χρήσεις γης έχουν σημαντική σημασία για την επιλογή μιας περιοχής για άρδευσης με επεξεργασία απόβλητα, η οποία θα πρέπει να έχει αντικειμενικό στόχο που εναρμονίζεται με τους στόχους των σημερινών και μελλοντικών χρήσεων της περιοχής. [1]

4.2.10.15 Το κλίμα της περιοχής

Ως σημαντική κλιματικές παράμετροι θεωρούνται οι κατακρημνίσεις η εξατμισοδιαπνοή η θερμοκρασία και ο άνεμος. Οι παράμετροι αυτοί επηρεάζουν σημαντικά (α) το υδάτινο ισοζύγιο της καλλιέργειας (β) τη χρονική διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης (γ) τη χρονική διάρκεια της περιόδου μη-άρδευσης με επεξεργασία απόβλητα (δ) τις απαιτήσεις αποθήκευσης του αρδευτικού νερού και (ε) τις ποσότητες της αναμενόμενης απορροής. [1]

4.3 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Οι βασικότεροι μέθοδοι άρδευσης που εφαρμόζονται είναι οι ακόλουθες:

- i. Άρδευση με καταιονισμό
- ii. Επιφανειακή άρδευση και η
- iii. Τοπική άρδευση

Στη μέθοδο του καταιονισμού το νερό εκτοξεύεται με πίεση από κατάλληλους εκτοξευτήρες και διαβρέχει, όπως η βροχή όλη την επιφάνεια του εδάφους ή τα φύλλα της καλλιέργειας. Πλεονέκτημα της μεθόδου αποτελεί η δυνατότητα σχεδόν αυτοματοποίησης, ενώ το βασικότερο μειονέκτημά της είναι η μεταφορά αερίων σταγονιδίων, από τον άνεμο, που μπορεί να περιέχουν παθογόνους μικροοργανισμούς. Κατά συνέπεια η εφαρμογή της μεθόδου απαιτεί τη σημαντικά καλή ποιότητα των επεξεργασμένων αποβλήτων, που πρέπει να έχουν υποστεί τουλάχιστον δευτεροβάθμια επεξεργασία και πρόσθετη απολύμανση.

Η επιφανειακή άρδευση μπορεί να γίνει με κατάκλυση (το νερό διοχετεύεται σε επίπεδες λεκάνες και διηθείται κατακόρυφα), με περιορισμένη διήθηση (το νερό διοχετεύεται σε λωρίδες κάθετες στο αυλάκι προσαγωγής και διηθείται κατακόρυφα) ή με αυλάκια (το νερό διοχετεύεται σε αυλάκια με μικρή κατά μήκος κλίση και διηθείται κατακόρυφα και οριζόντια). Το σύστημα της επιφανειακής άρδευσης αυτοματοποιείται πολύ δύσκολα και έτσι απαιτεί την παρουσία εργατών. Παράλληλα, πρόβλημα αποτελεί η διάθεση των σημαντικών ποσοτήτων νερού που περισσεύουν μετά την άρδευση.

Η τοπική άρδευση μπορεί να γίνει με σταγόνες (στάγδην άρδευση) από κατάλληλες οπές (σταλλακτήρες) ή σταγονίδια με μικροεκτοξευτήρες. Το χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι ότι υγραίνει μέρος μόνο της αρδευόμενης επιφάνειας, ώστε να γίνεται εύκολα η απορρόφηση του νερού από το ριζικό σύστημα των καλλιεργειών. Η μέθοδος αυτή είναι αρκετά ακριβή, αλλά έχει τα βασικά πλεονεκτήματα του μεγάλου βαθμού προστασία της υγείας, της δυνατότητας πλήρους αυτοματοποίησης της και της πολύ υψηλής απόδοσης, εξαιτίας της περιορισμένης κατανάλωσης νερού. Για την εφαρμογή της μεθόδου απαιτείται η πολύ καλή επεξεργασία των αποβλήτων, ώστε να μη φράζουν οι σταλλακτήρες ή οι μικροεκτοξευτήρες από την παρουσία των αιωρούμενων στερεών ή τη δημιουργία στρωμάτων βακτηριδίων ή αλγών. Για το λόγο αυτό, απαιτείται συχνά η απομάκρυνση των SS σε σημαντικό βαθμό, που επιτυγχάνεται συνήθως με διήθηση

και αραιότερα η διοχέτευση χλωρίου στο σύστημα άρδευσης για την καταπολέμηση της δημιουργίας των βιολογικών στρωμάτων. Η μέθοδος αυτή συνιστάται αρχικά για τις ελληνικές συνθήκες, όχι μόνο για τον υψηλό βαθμό προστασίας που εξασφαλίζει, αλλά και για την οικονομία στην κατανάλωση αρδευτικού νερού, χαρακτηριστικό που είναι ιδιαίτερα σημαντικό για χώρες με περιορισμένα αποθέματα νερού, όπως η Ελλάδα. [1]

4.4 Η ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Το βασικότερο ίσως χαρακτηριστικό της πρακτικής της άρδευσης είναι το αν αυτή είναι περιορισμένη, δηλαδή εφαρμόζεται για ορισμένα είδη καλλιεργειών, ή απεριόριστη. Η περιορισμένη άρδευση, π.χ. για καλλιέργειες των οποίων οι καρποί δεν τρώγονται ωμοί, προστατεύει θεωρητικά τη δημόσια υγεία, αλλά είναι πολύ δύσκολο να εφαρμοστεί στην πράξη. Η εφαρμογή της περιορισμένης άρδευσης γίνεται όταν υπάρχουν οι ακόλουθες συνθήκες:

- i. Εφαρμόζονται αυστηρά οι υπάρχοντες σχετικοί νόμοι και ελέγχεται η εφαρμογή τους.
- ii. Υπάρχει ειδική κρατική υπηρεσία που ελέγχει τη διακίνηση των επεξεργασμένων αποβλήτων.
- iii. Υπάρχει κεντρική διαχείριση και έλεγχος του έργου άρδευσης.
- iv. Υπάρχει μεγάλη οικονομική απόδοση (έντονη ζήτηση και υψηλή τιμή πώλησης) των προϊόντων των περιορισμένων καλλιεργειών.
- v. Δεν υπάρχουν εναλλακτικές καλλιέργειες απεριόριστης άρδευσης με σχετικά σημαντική οικονομική απόδοση.

Είναι προφανές ότι η εφαρμογή της περιορισμένης άρδευσης είναι πολύ δύσκολη, γιατί απαιτεί την ύπαρξη αυστηρής νομοθεσίας, τη συνεχή παρακολούθηση και έλεγχο των έργων, καθώς και την αυστηρή εφαρμογή των σχετικών νόμων. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η σωστή ενημέρωση των γεωργών και η προσπάθεια υποβοήθησής τους με κάθε τρόπο, έτσι ώστε να μην οδηγηθούν στην εφαρμογή καλλιεργειών απεριόριστης άρδευσης.

Για τις ελληνικές συνθήκες, δεν συνιστάται προς το παρόν η εφαρμογή της περιορισμένης άρδευσης. Κατά συνέπεια η προσπάθεια πρέπει αρχικά να στραφεί στην εξασφάλιση καλής ποιότητας αρδευτικού νερού, δηλαδή επεξεργασμένων αποβλήτων μετά από τουλάχιστον δευτεροβάθμια, αλλά και πρόσθετη επεξεργασία.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό της πρακτικής της άρδευσης είναι το αν χρησιμοποιείται στο αρδευτικό δίκτυο νερό προέλευσης διαφορετικής από επεξεργασμένα απόβλητα. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί μίγμα των αρδευτικών νερών σε επεξεργασμένα ή να εφαρμοστούν τα διαφορετικά είδη αρδευτικών νερών σε διαφορετικές περιόδους, ανάλογα με τις ανάγκες και τη διαθεσιμότητα του καθενός. Η ύπαρξη εναλλακτικής πηγής αρδευτικού νερού, ακόμα και τη μορφή της εφεδρείας, εξασφαλίζει και ψυχολογικά τον αγρότη ότι ακόμα και σε περίπτωση προβλήματος στη τροφοδότηση με επεξεργασμένα απόβλητα, δε θα δημιουργηθεί πρόβλημα έλλειψης νερού στις καλλιέργειές του. [1]

4.5 ΠΡΟΣΘΕΤΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

4.5.1 Γενικά

Για να χρησιμοποιηθούν τα απόβλητα για άρδευση θα πρέπει να ικανοποιούν τις τιμές των συγκεντρώσεων των ποιοτικών χαρακτηριστικών που παρουσιάστηκαν

στην παράγραφο 4.2.9. Κάθε σύστημα επεξεργασίας που επιτυγχάνει την ικανοποίηση των τιμών αυτών θα πρέπει να θεωρείται αποδεκτό.

Αν και είναι θεωρητικά δυνατή η χρησιμοποίηση πρωτοβάθμια επεξεργασμένων αποβλήτων για άρδευση, αυτό δε συνιστάται προς το παρόν για τις ελληνικές συνθήκες. Γι'αυτό και η ανάπτυξη του θέματος στην εργασία αυτή έχει γίνει με την παραδοχή ότι τα απόβλητα έχουν υποστεί τουλάχιστον δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία κάνοντας όμως αναφοράς, όπου αυτό κρίνεται σκόπιμο, στην περίπτωση που έχει πραγματοποιηθεί μόνο πρωτοβάθμια επεξεργασία.

Το είδος της βέλτιστης δευτεροβάθμιας επεξεργασίας εξαρτάται έντονα από τις τοπικές συνθήκες της κάθε χώρας όπως π.χ. το επίπεδο της τεχνολογικής το κόστος της γης τις υπάρχουσες προδιαγραφές που πρέπει να ικανοποιούν τα επεξεργασμένα απόβλητα κ.α. Έτσι, για μια χώρα με περιορισμένη τεχνολογική ανάπτυξη και υποδομή και χαμηλό κόστος γης η ιδανική βιολογική επεξεργασία μπορεί να είναι οι λίμνες φωτοσύνθεσης, εξαιτίας της οικονομικότητας και της απλότητας τους. Το σύστημα των λιμνών προτείνεται από τον WHO ως μια ικανοποιητική μέθοδος, ιδιαίτερα όσον αφορά την απομάκρυνση των παθογόνων μικροοργανισμών. Για μια χώρα μέσης τεχνολογικής ανάπτυξης, όπως θεωρείται η Ελλάδα, μπορεί η βέλτιστη λύση να είναι ένα σύστημα υψηλότερης τεχνολογίας, όπως π.χ. εκείνο της ενεργού ιλύος. Σε καμιά περίπτωση, όμως, δεν πρέπει να αποκλείονται και άλλες λύσεις, ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες της κάθε περίπτωσης.

Σε όλες τις περιπτώσεις ιδιαίτερη βαρύτητα έχει η εξασφάλιση της υψηλής αξιοπιστίας του συστήματος ΕΕΑΑ – πρόσθετης επεξεργασίας επεξεργασίας – άρδευσης, ώστε να ικανοποιούνται πάντα οι προδιαγραφόμενες απαιτήσεις των χαρακτηριστικών των επεξεργασμένων λυμάτων και ιδιαίτερα αυτές που αφορούν τη δημόσια υγεία, δηλαδή των παθογόνων βακτηριδίων, των ιών και των σκωλήκων. Η ικανοποίηση των συγκεντρώσεων των τοξικών μετάλλων, αν και τεχνικά είναι δυνατή, είναι συνήθως και ιδιαίτερα αντιοικονομική.

4.5.2 Πρόσθετη επεξεργασία

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως και θεωρώντας ότι τα απόβλητα που θα χρησιμοποιηθούν ως αρδευτικό νερό έχουν υποστεί κατ' ελάχιστον δευτεροβάθμια επεξεργασία, π.χ. με τη μέθοδο του παρατεταμένου αερισμού, τότε για την ικανοποίηση των επιθυμητών τιμών των παθογόνων βακτηριδίων, των ιών και των σκωλήκων θα πρέπει να πληρούνται οι ακόλουθες προϋποθέσεις:

- i. Οι τιμές των συγκεντρώσεων των SS και της θολότητας θα πρέπει να είναι πολύ χαμηλές, ώστε να είναι αποτελεσματική η απολύμανση, δηλαδή τα αιωρούμενα στερεά να μη λειτουργούν ως ασπίδες των παθογόνων μικροοργανισμών και οι απαιτήσεις χλωρίου να είναι ελάχιστες και
- ii. Η δόση και ο χρόνος επαφής της απολύμανσης να εξασφαλίζει τα απαραίτητα όρια συγκεντρώσεων των παθογόνων μικροοργανισμών στην εκροή.

Η ικανοποίηση της πρώτης προϋπόθεσης εξασφαλίζεται με τη διεργασία της διύλισης η οποία εφαρμόζεται για (α) την πρόσθετη απομάκρυνση των SS μετά από τη δευτεροβάθμια (ή τριτοβάθμια επεξεργασία), (β) την πρόσθετη απομάκρυνση των οργανικών ενώσεων, οι οποίες μπορεί να αντιδράσουν με το απολλυμαντικό μέσο αυξάνοντας έτσι τις απαιτήσεις κατανάλωσης του απολλυμαντικού μέσου και (γ) την ποιοτική αναβάθμιση της οπτικής εμφάνισης των επεξεργασμένων αποβλήτων, εξαιτίας της μείωσης της θολότητας.

Στον Πίνακα παρουσιάζονται τυπικές τιμές απομακρύνσεως των συστατικών βιολογικά επεξεργασμένων αποβλήτων κατά τη διεργασία της διύλισης.

Πίνακας 4.8: Απομακρύνσεις συστατικών κατά τη δύλιση [1]

Συστατικό	Απομάκρυνση (%)	Συστατικό	Απομάκρυνση (%)
BOD ₅	39	Φώσφορος	57
COD	34	Αρσενικό	67
TOC	33	Κάδμιο	32
NH ₃ – N	33	Χρώμιο	53
NO ₃ – N	56	Σίδηρος	56
Αλκαλικότητα	83	Μόλυβδος	16
Χρώμα	31	Μαγγάνιο	80
TSS	73	Σελένιο	90
Θολότητα	71	Υδράργυρος	33

Η ικανοποίηση της δεύτερης προϋπόθεσης εξασφαλίζεται με τη διεργασία της πρόσθετης απολύμανσης. Από τις διάφορους μεθόδους, που υπάρχουν μέχρι σήμερα, η χλωρίωση φαίνεται προς το παρόν ως επικρατέστερη εξαιτίας της αξιοπιστίας, της ευελιξίας, της απλότητας και της οικονομικότητάς της. Ακόμα και αν απαιτηθεί αποχλωρίωση, η απολύμανση με χλωρίωση-αποχλωρίωση αναμένεται να είναι η οικονομικότερη μέθοδος. Τα τελευταία χρόνια η μέθοδος με ακτινοβολία UV κερδίζει συνεχώς έδαφος, αλλά δεν έχει ακόμα διαπιστωθεί αν μπορεί να επιτύχει πολύ υψηλά ποσοστά απομάκρυνσης κολοβακτηριδίων.

Έτσι, η πρόσθετη επεξεργασία που μπορεί να εφαρμοστεί μετά από τη δευτεροβάθμια ή την τριτοβάθμια επεξεργασία των αποβλήτων με σκοπό αυτά να χρησιμοποιηθούν ως αρδευτικό νερό συνίσταται από τις διεργασίες της δύλισης και της πρόσθετης απολύμανσης. Οι διεργασίες αυτές μπορεί να συνδυαστούν και με άλλες διεργασίες αποτελώντας την καλούμενη πρόσθετη επεξεργασία.

Ένας συνδυασμός διεργασιών, που αποκαλείται Διαδικασία του Title 22, επειδή περιλαμβάνεται ως Title 22 στους Κανονισμούς της Πολιτείας της Καλιφόρνια προτάθηκε το 1978. Ο συνδυασμός αυτός συνίσταται από τις ακόλουθες διεργασίες:

- i. Προσθήκη χημικών (150 mg/l θειικό αργίλιο και 0.2 mg/l πολυμερή).
- ii. Κροκίδωση – συσσωμάτωση.
- iii. Δύλιση
- iv. Καθίζηση
- v. Χλωρίωση με δόση χλωρίου 10 mg/l.

Το σύνολο των παραπάνω διεργασιών εξασφαλίζει την πλήρη απολύμανση των αποβλήτων στον επιθυμητό βαθμό που απαιτεί η Πολιτεία της Καλιφόρνια, δηλαδή μέχρι μηδενικής συγκέντρωσης ιών. Ο συνδυασμός αυτός είναι ιδιαίτερα αντιοικονομικός. Επίσης, προϋποθέτει και τη συστηματικά υψηλή απόδοση της δευτεροβάθμιας ή τριτοβάθμιας επεξεργασίας που προηγείται στα επίπεδα των 14-22 mg/l SS, θολότητας 7-9 NTU και 40-80 mg/l COD. Όταν οι τιμές της θολότητας των επεξεργασμένων αποβλήτων είναι μικρότερες από 7-9 NTU, έχει παρατηρηθεί ότι επιτυγχάνεται στην εκροή θολότητα 2 NTU με δύλιση χωρίς τη χρήση χημικών. Η προσθήκη χημικών είναι όμως απαραίτητη, όταν η θολότητα των επεξεργασμένων αποβλήτων υπερβαίνει τα 10 NTU. Όμως, στην περίπτωση αυτή ο συνδυασμός των μονάδων προκύπτει συνήθως αντιοικονομικός, γι' αυτό το λόγο συνιστάται η

βελτίωση της υπάρχουσας δευτεροβάθμιας ή τριτοβάθμιας επεξεργασίας, ώστε να ικανοποιείται η κρίσιμη οριακή τιμή της θολότητας των 10 NTU.

Ο συνδυασμός των διεργασιών της Title 22 παρατηρήθηκε μετά από πειράματα με ιούς πολυομελίτιδας ότι επιτυγχάνει απομάκρυνσή τους 5.2 λογαρίθμους, όταν ο χρόνος απολύμανσης είναι 2 ώρες και η συγκέντρωση του υπολειμματικού χλωρίου είναι περίπου 5 mg/l. Χωρίς την χρήση χημικών (κροκίδωση-καθίζηση) η απομάκρυνση των ιών ήταν 4.7 λογάριθμοι για υπολειμματικό χλώριο 5.2 mg/l και 4.9 λογάριθμοι για υπολειμματικό χλώριο 3.9 mg/l. Η αντικατάσταση της διύλισης με ενεργό άνθρακα δεν είχε σημαντική επίδραση και η απομάκρυνση των ιών ήταν 5.1, λογάριθμοι, όταν το υπολειμματικό χλώριο ήταν 5.4 mg/l. Αυξάνοντας το υπολειμματικό χλώριο σε 10 mg/l παρατηρήθηκε ότι η απομάκρυνση των ιών ήταν περίπου η ίδια (5.2 λογάριθμοι) για όλους τους συνδυασμούς. [1]

4.5.3 Αποθήκευση

Η αποθήκευση των επεξεργασμένων αποβλήτων μπορεί να θεωρηθεί ως ένα στάδιο της πρόσθετης επεξεργασίας, καθόσον συχνά αποτελεί μια κρίσιμη παράμετρο που συνδέει την ΕΕΑΑ με το αρδευτικό σύστημα. Ως πιθανοί λόγοι χρησιμοποίησης της αποθήκευσης θεωρούνται οι ακόλουθοι:

- i. Επίτευξη εξισορρόπησης των σχετικά μικρών (π.χ. ημερησίων), αλλά και μεγάλων (π.χ. εποχιακών χειμερινών) μεταβολών της παροχής της ΕΕΑΑ με αποθήκευση της παροχής, που υπερβαίνει τη ζήτηση για άρδευση.
- ii. Ικανοποίηση της ζήτησης για άρδευση, όταν αυτή υπερβαίνει την παροχή της ΕΕΑΑ.
- iii. Εξασφάλιση του απαραίτητου χρόνου, για προγραμματισμένη αντίδραση σε περίπτωση προβλήματος στη λειτουργία της ΕΕΑΑ ή του αρδευτικού συστήματος.
- iv. Πραγματοποίηση πρόσθετης επεξεργασίας, καθόσον τα SS, το άζωτο και οι μικροοργανισμοί μειώνονται κατά την αποθήκευση. Παράλληλα όμως, μειώνεται και το χλώριο.

Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι σε έρευνα στο Ισραήλ κατά την αποθήκευση δευτεροβάθμια επεξεργασμένων αποβλήτων (73 μέρες κατά το χειμώνα και 35 ημέρες κατά το καλοκαίρι) παρατηρήθηκε μείωση των FC, TC, και στρεπτόκοκκων κατά 2-4 λογάριθμους. Οι εντερικοί ιοί μειώθηκαν από 1100/100 ml το χειμώνα και 200/100 ml το καλοκαίρι σε επίπεδα μη ανιχνεύσιμα. [1]

4.5.5 Προτεινόμενη επεξεργασία

Στην Ελλάδα, όπως, και σε άλλες χώρες του κόσμου, έχει υιοθετηθεί η πρακτική της ανακύκλωσης εκροών υγρών αποβλήτων προοδευτικά χωρίς την απαρχή θεσμοθέτηση σχετικών κριτηρίων. Όμως, σήμερα, όπως προαναφέρεται, πολλές χώρες έχουν θεσπίσει εθνικές οδηγίες ή κανονισμούς προσαρμοσμένες στις τοπικές κοινωνικοοικονομικές και φυσικές συνθήκες ή έχουν εναρμονιστεί με αυτές διεθνών οργανισμών (WHO, US EPA, FAO και άλλων).

Στη χώρα μας οι βασικές χρήσεις που ενδιαφέρουν είναι η άρδευση καλλιεργειών και χώρων πρασίνου (πρανών δρόμων, πάρκων κ.α.) και ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων για την προστασία τους κυρίως από την υφαλμύρωση. Για κάθε κατηγορία όμως, θα πρέπει να θεωρούνται ιδιαίτερα

ποσοτικοποιητικά κριτήρια καθώς επίσης σε κάθε ιδιαίτερη θεώρηση που μια παραδοσιακή υδατική πηγή, αντικαθίσταται με ανακτώμενο νερό από επεξεργασμένα υγρά απόβλητα. Όπως είναι φυσικό, ιδιαίτερη μέριμνα απαιτείται σε χρήσεις που συνεπάγονται αυξημένη επαφή με τον άνθρωπο. Έτσι, τα αναγκαία κριτήρια ποιότητας θα πρέπει να διαφοροποιούνται όχι μόνο μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών επαναχρησιμοποίησης, αλλά ακόμη και στην ίδια κατηγορία ανάλογα με τις επιμέρους χρήσεις (π.χ. άρδευση εδάδιδων και βιομηχανικών φυτικών ειδών).

Προσφάτως, ομάδα ειδικών στην ανακύκλωση του νερού πρότεινε διεθνής οδηγίες για την ανακύκλωση του νερού βασιζόμενες στις προκαταρκτικές οδηγίες της Αυστραλίας. Οι οδηγίες αυτές είναι βασισμένες στον αριθμό των κοπρανωδών κολοβακτηριδίων κα στο επίπεδο επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων. Στην Ελλάδα έχει πραγματοποιηθεί προκαταρκτική μελέτη για ανάπτυξη και εφαρμογή κριτηρίων ποιότητας. Αυτά τα κριτήρια συνοψίζονται στον παρακάτω Πίνακα και βασίζονται σε όμοιες αρχές με αυτές άλλων χωρών και διεθνών οργανισμών.

Πίνακας 4.9: Προτεινόμενα ελάχιστα μικροβιολογικά και φυσικά κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων νερών στην Ελλάδα. [5]

N ^o	Κριτήρια ποιότητας νερού	Προτεινόμενες χρήσεις
1 _η	I.N. ^a ≤ 0.1 egg/L FC ≤ 10 cfu/100 ml TSS ≤ 10 mg/L	α) Αστικές περιοχές με μεγάλη πρόσβαση του κοινού β) Σε καζανάκια τουαλέτας και κλιματισμό γ) Πλύση αυτοκινήτων
2 _η	I.N. ≤ 1 egg/L FC ≤ 100 cfu/100 ml TSS ≤ 20 mg/L	α) Τεχνητές λίμνες και άλλα υδάτινα οικοσυστήματα και ρυάκια με υψηλή πρόσβαση του κοινού ^b β) Σιντριβάνια, τεχνητές πηγές και άλλοι χώροι αναψυχής γ) Καθαρισμός δρόμων
3 _η	I.N. ≤ 1 egg/L FC ≤ 1000 cfu/100 ml TSS ≤ 35 mg/L	α) Άρδευση σανοδοτικών φυτών ^c , φυτών που προορίζονται για κονσερβοποίηση και λαχανικών που καταναλώνονται μαγειρεμένα, φυτώρια, κ.λ.π. β) Υδατοκαλλιέργειες (Aquaculture)
4 _η	I.N. ≤ 1 egg/L FC ≤ 10.000 cfu/100 ml TSS ≤ 35 mg/L	α) Άρδευση δασικών εκτάσεων, βιομηχανικές περιοχές και ζώνες πρασίνου όπου δεν επιτρέπεται η πρόσβαση του κοινού. β) Βιομηχανική χρήση (εκτός βιομηχανίες τροφίμων) ^d γ) Τεχνητές λίμνες, σώματα νερού και ρέματα όπου δεν επιτρέπεται η πρόσβαση του κοινού.
5 _η	I.N. ≤ 1 egg/L FC ≤ 100 cfu/100 ml TSS ≤ 10 mg/L	Εμπλουτισμός υδροφορέων απευθείας έκχυση και/ή επιφανειακή εφαρμογή ^{b, e, f}

^a I. N. : intestinal nematodes που περιλαμβάνουν τις παρακάτω οικογένειες: Strongyloides, Trichostrogylus, Toxacara, Enterobius και Capillaria. Δεν είναι εφαρμόσιμα όρια για τις περισσότερες χρήσεις.

^b Θα πρέπει να απαιτηθούν όρια για το άζωτο, όπως $TN < 15$ και < 50 mg/L για εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφορέα, με απευθείας έκχυση και επιφανειακή εφαρμογή, αντίστοιχα και $NO_3 - N < 100$ mg/L για λίμνες και ρέματα.

^c Θα πρέπει να απαιτηθούν όρια για *Taenia* sp ($1 < \text{egg/L}$)

^d Θα πρέπει να απαιτηθούν όρια για βιομηχανική ψύξη αναφορικά με *Legionella pneumophila*.

^e απαιτείται ελάχιστο βάθος του υδροφορέα 5 m.

^f Στην περίπτωση της απευθείας έκχυσης σε υδροφορέα που χρησιμοποιείται για πόσιμη χρήση θα πρέπει να θεωρηθούν τα κριτήρια για το πόσιμο νερό.

Σε οποιαδήποτε εφαρμογή των προτεινόμενων κριτηρίων του Πίνακα, θα πρέπει να θεωρούνται τα παρακάτω σχόλια:

α) Να εξετάζονται κατά ελάχιστο 4 δείγματα.

β) Να πληρείται η κατανομή Student

γ) Οι τιμές για τα κριτήρια αυτά θα πρέπει να πληρούνται για το 80% των δειγμάτων ανά μήνα, βάσει μέσων τιμών τους.

δ) Απαιτείται έλεγχος οσμών στις περιπτώσεις εφαρμογής στο έδαφος ή σε μέρη που γειτνιάζουν με αστικές περιοχές.

ε) Δεν απαιτούνται κριτήρια στην περίπτωση της υποεπιφανειακής άρδευσης.

ζ) Για την άρδευση αγροτικών εκτάσεων θα πρέπει να αποφεύγεται η χρήση χλωρίου για απολύμανση των εκροών. Επιπλέον θα πρέπει να θεωρηθεί: α) ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων, β) αποθήκευση της εκροής με στόχο την επιπλέον επεξεργασία και την αύξηση της διαθεσιμότητας και γ) παρακολούθηση της ποιότητας με προγραμματισμένες δειγματοληψίες σε συγκεκριμένες θέσεις, συχνότητα και αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

στ) Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία τα ανακυκλωμένα υγρά απόβλητα θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο για άρδευση φυτών που δεν καταναλώνονται από τον άνθρωπο. [5]

Έτσι λοιπόν γενικά, για τις ελληνικές συνθήκες προς το παρόν και μέχρι να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες έρευνες συνιστώνται τα ακόλουθα:

- i. Να γίνεται προσπάθεια βελτίωσης της απόδοσης της δευτεροβάθμιας ή τριτοβάθμιας επεξεργασίας της ΕΕΑΑ στα επιθυμητά επίπεδα συγκεντρώσεων SS, COD και θολότητας που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Η καλή απόδοση της ΕΕΑΑ θα πρέπει να εξασφαλίζεται σταθερά καθόλη τη διάρκεια λειτουργίας και να περιορίζονται στο ελάχιστο οι πιθανότητες υπέρβασης των ορίων αυτών.
- ii. Ως πρόσθετη επεξεργασία και για οικονομικούς λόγους μπορεί να χρησιμοποιηθεί προς το παρόν η μέθοδος της κατ' ευθείαν διύλισης (δηλαδή χωρίς κροκίδωση – καθίζηση) με μικρή αν απαιτηθεί δόση χημικών (π.χ. θεικού αργιλίου της τάξης των 2-5 mg/l), η οποία θα ακολουθείται από χλωρίωση (π.χ. με δόση 10 mg/l και χρόνο παραμονής 1.5 ώρες). Δεν συνιστάται η αφαίρεση των τοξικών μετάλλων κατά τη δευτεροβάθμια ή πρόσθετη επεξεργασία, καθόσον αυτή αναμένεται να είναι ιδιαίτερα δαπανηρή και μπορεί να εφαρμοστεί μόνο όταν δεν είναι δυνατή η αντικατάσταση της καλλιέργειας με άλλες ανθεκτικότερες.
- iii. Εφόσον είναι οικονομικά εφικτό ή/και το επιβάλλει η πρακτική της άρδευσης μπορεί να γίνεται και αποθήκευση μετά τη δευτεροβάθμια ή την τριτοβάθμια επεξεργασία. [1]

4.6 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΟΧΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥΣ

4.6.1 Πηγές οχλήσεων

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από ένα σύστημα άρδευσης με απόβλητα που έχουν υποστεί δευτεροβάθμια ή και τριτοβάθμια επεξεργασία μπορεί να προέλθουν από:

- i. Τις μονάδες της πρόσθετης επεξεργασίας
- ii. Τη διαδικασία της άρδευσης
- iii. Την πορεία των αρδευτικών νερών στο έδαφος και στις καλλιέργειες και
- iv. Τη συλλογή, διάθεση και κατανάλωση των προϊόντων των καλλιεργειών.

Οι επιπτώσεις αυτές, που αφορούν κυρίως :

- i. Τη ρύπανση του αέρα,
- ii. Τη ρύπανση του εδάφους,
- iii. Τη ρύπανση των υπόγειων νερών,
- iv. Τη βλάβη των καλλιεργειών και
- v. Τη βλάβη της δημόσιας υγείας,

Καθώς και τρόποι αντιμετώπισής τους, αναφέρθηκαν στα προηγούμενα επιμέρους τμήματα του παρόντος Κεφαλαίου. Στη συνέχεια παρατίθενται συνοπτικά.

4.6.2 Επιπτώσεις κατά την πρόσθετη επεξεργασία

Οι επιπτώσεις αυτές αφορούν τη λειτουργία των μονάδων της πρόσθετης επεξεργασίας, οι οποίες μπορεί να είναι οι ακόλουθες:

- i. Προσθήκη χημικών
- ii. Κροκίδωση-συσσωμάτωση
- iii. Δύλιση
- iv. Καθίζηση
- v. Χλωρίωση και
- vi. Αποθήκευση

Με το σωστό σχεδιασμό και λειτουργία των μονάδων δεν αναμένεται να υπάρχουν δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον. Αντίθετα, με τις μονάδες πρόσθετης επεξεργασίας πραγματοποιείται η βελτίωση των χαρακτηριστικών των επεξεργασμένων αποβλήτων για να χρησιμοποιηθούν για άρδευση χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

4.6.3 Επιπτώσεις στο έδαφος, στα επιφανειακά και υπόγεια νερά

Οι επιπτώσεις αυτές μπορεί να παρατηρηθούν

- i. Κατά τη μεταφορά του νερού στο δίκτυο στο διανομή:
 - (α) Διάβρωση των μεταλλικών ή τσιμεντένιων αγωγών, εξαιτίας του χαμηλού pH των αποβλήτων ή της δημιουργίας των αναερόβιων συνθηκών. Αυτό έχει επίδραση στην ποιότητα του νερού, αλλά μπορεί σπάνια να συμβεί και μόνο στην περίπτωση των ανεπεξέργαστων αποβλήτων.
 - (β) Λίμναση των νερών με αποτέλεσμα τη δημιουργία εστιών εντόμων.
- ii. Κατά την άρδευση:

(α) Δημιουργία και μεταφορά αερίων σταγονιδίων (aerosols), όταν η άρδευση γίνεται με καταιονισμό. Τα σταγονίδια έχουν επίδραση στη δημόσια υγεία. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με την πρόσθετη επεξεργασία.

(β) Έμφραξη των οπών με βακτηριδιακά στρώματα, άλγη και αιωρούμενα στερεά, όταν η άρδευση γίνεται με σταγόνες ή με καταιονισμό. Η επίλυση του προβλήματος απαιτεί την παρουσία προσωπικού για επισκευή, με αποτέλεσμα την αύξηση του κινδύνου της δημόσιας υγείας. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με την πρόσθετη επεξεργασία, την κατασκευή δεξαμενών ηρεμίας, τη χρησιμοποίηση ειδικών φίλτρων, την προσθήκη χημικών και την έκπλυση των αγωγών των δικτύων.

iii. Κατά την κίνηση του νερού στο έδαφος:

(α) Υποβάθμιση της ποιότητας του εδάφους, εξαιτίας των συστατικών των αποβλήτων. Χαρακτηριστικά αναφέρεται το πρόβλημα της αλκαλίωσης του εδάφους, που παράλληλα προκαλεί (α) την έμφραξη των πόρων του εδάφους, (β) την αύξηση των απορροών και της έκπλυσης των αρδευόμενων εκτάσεων, που οδηγούν στην υποβάθμιση της ποιότητας των επιφανειακών νερών στα οποία καταλήγουν, (γ) τη λίμναση των επιφανειακών νερών με αποτέλεσμα τη δημιουργία εστιών συγκέντρωσης εντόμων. Η επίλυση των προβλημάτων αυτών επιτυγχάνεται με την πρόσθετη επεξεργασία, αλλά και τη διαχείριση – επεξεργασία των εδαφών με κατάλληλες μεθόδους.

(β) Γρήγορη απώλεια του αρδευτικού νερού προς τα υπόγεια νερά, όταν την ευνοούν ειδικοί γεωλογικοί σχηματισμοί. Αυτό έχει δυσάρεστες επιπτώσεις στην ποιότητα των υπόγειων νερών και στις καλλιέργειες.

(γ) Υποβάθμιση της ποιότητας των επιφανειακών και υπόγειων νερών, τα οποία στη συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως πόσιμο νερό. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει σημαντικά προβλήματα στη δημόσια υγεία.

(δ) Ως ευνοϊκή επίπτωση θεωρείται ο περιορισμός ή ακόμα και η κατάργηση της χρήσης των λιπασμάτων, εξαιτίας της παρουσίας των θρεπτικών, κυρίως του αζώτου στα επεξεργασμένα απόβλητα.

4.6.4 Επιπτώσεις στις καλλιέργειες

Οι κυριότερες επιπτώσεις στις καλλιέργειες είναι (α) οι βλάβες στη φυτική μάζα, (β) η μείωση των αποδόσεων των καλλιεργειών και (γ) η μόλυνση των καλλιεργειών με παθογόνους μικροοργανισμούς.

Οι βλάβες στα φυτά και στα φύλλα τους μπορεί να συμβούν εξαιτίας της παρουσίας τοξικών συστατικών, όπως είναι το βόριο, το νάτριο, το χλώριο, ορισμένα μέταλλα, τα αιωρούμενα συστατικά και το υπολειμματικό χλώριο. Η επίλυση των προβλημάτων αυτών επιτυγχάνεται με την πρόσθετη επεξεργασία, αλλά και με την επιλογή των κατάλληλων ανθεκτικών καλλιεργειών. Η αντιμετώπιση των αυξημένων συγκεντρώσεων υπολειμματικού χλωρίου (μεγαλύτερες από 1mg/l) μπορεί να αντιμετωπιστεί με αποθήκευση των επεξεργασμένων αποβλήτων για μερικές ώρες σε ανοικτές δεξαμενές.

Το πρόβλημα της μόλυνσης των φυτών με παθογόνους μικροοργανισμούς μπορεί να δημιουργηθεί με την άμεση επαφή των φυτών με το αρδευτικό νερό ή με επαφή με το μολυσμένο έδαφος. Μεταφορά στα φυτά των παθογόνων μικροοργανισμών μπορεί να γίνει (α) με τον άνεμο (με τη σκόνη ή τα αέρια σταγονίδια), (β) από τους εργάτες ή (γ) και τα έντομα. Η επίλυση των προβλημάτων αυτών επιτυγχάνεται με την πρόσθετη απολύμανση και με την τήρηση των κανόνων υγιεινής.

4.6.5 Επιπτώσεις στη δημόσια υγεία

Το θέμα της προστασίας της δημόσιας υγείας είναι ίσως το σημαντικότερο κατά την εφαρμογή της άρδευσης με επεξεργασμένα απόβλητα. Οι ομάδες των ατόμων που είναι εκτεθειμένα στον κίνδυνο μόλυνσης είναι οι ακόλουθες :

- Οι γεωργοί και οι οικογένειές τους
- Τα άτομα που διακινούν τα προϊόντα των καλλιεργειών
- Οι καταναλωτές των άμεσων και έμμεσων προϊόντων των καλλιεργειών (καρποί, κρέας και γάλα) και
- Οι περίοικοι

Οι γεωργοί που εργάζονται στις καλλιέργειες μπορεί να προστατευτούν από τη μόλυνση από τους ιούς (π.χ. αγκυλόστομα) χρησιμοποιώντας κατάλληλα προστατευτικά ρούχα. Ο εμβολιασμός κατά των σκωλήκων και των μικροοργανισμών που προκαλούν επιδημίες διάρροιας δεν είναι αποτελεσματικός. Αντίθετα, μπορεί να γίνει κατά του τυφοειδούς πυρετού, αλλά και της ηπατίτιδας Α. Η ύπαρξη φαρμάκων κατά των εντερικών διαρροιών μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση της μόλυνσης.

Για τα άτομα που διακινούν τα προϊόντα συνιστάται η σωστή ενημέρωση και η ορθή και σύμφωνα με τους κανόνες της υγιεινής διαχείριση των προϊόντων. Για την προστασία των καταναλωτών συνιστάται η μη ωμή κατανάλωση, αλλά το μαγείρεμα των προϊόντων και η σωστή εφαρμογή των κανόνων υγιεινής (π.χ. καλό πλύσιμο των προϊόντων). Η σωστή ενημέρωση θεωρείται και εδώ σημαντική. Για τους περίοικους συνιστάται η αποφυγή πρόσβασης στις περιοχές των καλλιεργειών. Συνιστώνται η περίφραξη της αρδευόμενης περιοχής και η χρησιμοποίηση κατάλληλων προειδοποιητικών πινακίδων, ώστε να εμποδίζεται η ανεξέλεγκτη πρόσβαση.

Μόλυνση στους περίοικους μπορεί να προκληθεί από τα αιωρούμενα σταγονίδια, τα οποία εκπέμπονται κατά την άρδευση με τη μέθοδο του καταιονισμού. Κατά τον καταιονισμό 0.1-2.0% του αρδευόμενου νερού αεροποιείται σε σταγονίδια μεγέθους 0.01-50 μm . Εξαιτίας του μεγέθους τους, τα σταγονίδια μπορεί να περιέχουν ιούς και παθογόνα βακτήρια, τα οποία μπορεί να εισχωρήσουν κατευθείαν στον οργανισμό του ανθρώπου και των ζώων διά της αναπνευστικής οδού (ο περισσότερο συνηθισμένος τρόπος μόλυνσης) ή έμμεσα, δηλαδή αφού αποτεθούν πάνω στις επιφάνειες τροφίμων, καλλιεργειών και ενδυμάτων. Σε κατάλληλες συνθήκες, δηλαδή σε ισχυρούς ανέμους, χαμηλές θερμοκρασίες και ηλιοφάνειες, υψηλή υγρασία τα σταγονίδια μπορεί να μεταφερθούν σε μεγάλες σχετικά αποστάσεις. Σε μια πρόσφατη μελέτη στο Ισραήλ κατά την άρδευση με καταιονισμό δευτεροβάθμια επεξεργασμένων αποβλήτων διαπιστώθηκε η παρουσία ιών σε απόσταση 40 m. Πραγματοποιηθείσες έρευνες έδειξαν ότι ο κίνδυνος μόλυνσης κατά την άρδευση με καταιονισμό με βιολογικά επεξεργασμένα απόβλητα είναι μικρός, ιδιαίτερα όταν τα απόβλητα έχουν υποστεί απολύμανση. Αν και δεν έχει παρατηρηθεί στο παρελθόν κάποιο κρούσμα μόλυνσης περιοίκων από άρδευση επεξεργασμένων αποβλήτων με καταιονισμό, συνιστάται η εφαρμογή της ελάχιστης απόστασης των 50-100 m και η φύτευση υψηλών δέντρων στην περιφέρεια της αρδευόμενης έκτασης.

Μακροχρόνια προβλήματα στη δημόσια υγεία μπορεί να προκληθούν από τη μακροχρόνια εφαρμογή της άρδευσης με επεξεργασμένα απόβλητα που περιέχουν

τοξικά χημικά συστατικά. Όπως ήδη αναφέρθηκε, τα χημικά συσσωρεύονται στην ακόρεστη ζώνη του εδάφους με αποτέλεσμα οι συγκεντρώσεις τους στο εδαφικό νερό να μπορεί να φτάσουν σε τοξικά επίπεδα, να απορροφηθούν από τις καλλιέργειες και στη συνέχεια να μεταφερθούν στον άνθρωπο. Ακόμα όμως και αν δεν συσσωρευτούν στην ακόρεστη ζώνη, καταλήγουν στα υπόγεια νερά και συσσωρεύονται εκεί δημιουργώντας ανάλογο πρόβλημα κατά την κατανάλωση των υπόγειων νερών. Αν και διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι στο έδαφος σε βάθος 30 cm κάτω από τη θέση εφαρμογής του αρδευτικού νερού οι συγκεντρώσεις των χημικών αυτών είναι αμελητέες, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η πιθανότητα μελλοντικής αλλαγής της συμπεριφοράς των χημικών αυτών, όταν συσσωρευτούν σε υψηλότερες συγκεντρώσεις. [1]

4.7 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΚΡΩΝ ΚΑΙ ΙΛΥΟΣ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΧΑΛΚΙΔΑΣ ΓΙΑ ΔΕΝΔΡΟΦΥΤΕΥΣΗ

Στη νησίδα Πασσά του Νότιου Ευβοϊκού Κόλπου, ανατολικά της νέας υψηλής γέφυρας όπου είναι η μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων της πόλεως Χαλκίδας, η Δ.Ε.Υ.Α.Χ εφάρμοσε ένα δοκιμαστικό πρόγραμμα δενδροφύτευσης με διάφορα είδη δένδρων, χρησιμοποιώντας για το πότισμά τους νερό από επεξεργασμένα υγρά απόβλητα και σε τμήμα της δενδροφύτευσης ως εδαφοβελτιωτικό αφυδατωμένη ιλύ από αναερόβια χώνευση, με σκοπό την αισθητική και περιβαλλοντολογική αναβάθμιση του πλησίον χώρου της μονάδας και της περιοχής γενικότερα. Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων είναι μια τεχνική που εφαρμόζεται κυρίως σε προηγμένες χώρες για την κάλυψη των διαρκώς αυξανόμενων αναγκών και λόγω της γενικής στρατηγικής για την προστασία και τη βελτίωση του περιβάλλοντος. Η Χαλκίδα, πρωτεύουσα της Εύβοιας με περίπου 80.000 κατοίκους, έχει ιστορική παράδοση στα συστήματα διανομής νερού (διασώζεται μέχρι σήμερα τμήμα του Ρωμαϊκού υδραγωγείου). Οι υδρευτικές ανάγκες της πόλης καλύπτονται από το νερό γεωτρήσεων και πηγαδιών που υπάρχουν κατά μήκος του ποταμού Λήλαντα και από νερό γεωτρήσεων στην περιοχή της λίμνης Παραλίμνης. Η ευρύτερη περιοχή της πόλης διαθέτει βιομηχανικές μονάδες και υπάρχει σχετική γεωργική δραστηριότητα.

Το αποχετευτικό δίκτυο μήκους 110 χιλιομέτρων και δυνατότητας αποχέτευσης του 70% του πληθυσμού καταλήγει στη μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων που ξεκίνησε τη λειτουργία της το 1986 και με την ολοκλήρωση της επέκτασης το 1994 έχει τη δυνατότητα επεξεργασίας 9.350 μ³/ημέρα αστικών υγρών αποβλήτων και 1.600 μ³/ημέρα βοθρολυμάτων με επιπλέον δυνατότητα απομάκρυνσης αζώτου και φωσφόρου. Σήμερα η μονάδα επεξεργάζεται 6.500 μ³/ημέρα αστικά υγρά απόβλητα και περίπου 1.000 μ³/ημέρα βοθρολύματα.

Η μονάδα περιλαμβάνει στο τμήμα της Ευβοϊκής ακτής προεπεξεργασία δηλαδή εσχάρωση, εξάμμιση και απολίπανση, δεξαμενές εξισορρόπησης αστικών υγρών αποβλήτων και βοθρολυμάτων, ενώ στη νησίδα Πασσά υπάρχουν δυο παράλληλες γραμμές επεξεργασίας υγρών και δυο ιλύος. Η κάθε γραμμή των υγρών περιλαμβάνει πρωτοβάθμια καθίζηση, αερισμό, δευτεροβάθμια καθίζηση και απολύμανση, ενώ της ιλύος περιλαμβάνει πάχυνση, πρωτοβάθμια αναερόβια μεσόφιλη χώνευση, δευτεροβάθμια χώνευση και αφυδάτωση με ταινιοφιλτρόπρεσσα.

Οι αναλύσεις που πραγματοποιούνται στις συγκεκριμένες εγκαταστάσεις αφορούν το επεξεργασμένο υγρό, την αφυδατωμένη ιλύ και το έδαφος της νησίδας και έγιναν από τη ΔΕΥΑΧ και το Εδαφολογικό Ινστιτούτο Αθηνών.

α) Ποιότητα εκροής τελικής διάθεσης. Αυτή έχει ως συνήθως:

Πίνακας 4.10 : Η ποιότητα εκροής της τελικής διάθεσης το χειμώνα και το καλοκαίρι. [7]

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΧΕΙΜΩΝΑΣ	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ
PH	7,4	7,6
Αιωρούμενα Στερεά (mg/L)	13	10
Ολικά διαλυμένα (mg/L)	2300	2400
COD (mg/L)	54	50
BOD (mg/L)	22	20
Αμμωνία (mg NH ₄ /L)	12.5	3.5
Νιτρικά (mg NO ₃ /L)	5	10
Φώσφορος (mg P/L)	5.5	5
Ολική σκληρότητα (mg CaCO ₃ /L)	850	815
Ελεύθερο χλώριο (mg Cl ₂ /L)	0.7	0.7
Βαρέα Μέταλλα		
Χαλκός (mg Cu/L)		6
Νικέλιο (mg Ni/L)		620
Μόλυβδος (mg Pb/L)		70
Κάδμιο (mg Cd/L)		47
Μέση παροχή (m ³ /h)		270

β) Χαρακτηριστικά εδάφους νησίδας Πασσά. Αυτά έχουν ως ακολούθως:

Πίνακας 4.11 : Τα χαρακτηριστικά του εδάφους στη νησίδα Πασσά. [7]

Άμμος %	60
Άργιλος %	23
Ίλύς %	15
Χαρακτηρισμός	SCL
Υδατοκορεσμός %	45
Ηλεκτρική αγωγιμότητα (d S/cm)	<3
Συνολικά άλατα %	<0.1
Ph πολτού	7.5
Ανθρακικό ασβέστιο %	38
Οργανική ουσία %	3
Αφομ. Φώσφορος (mg P/Kg)	60
Αφομ. Κάλιο (meq K/100 g)	0.85
Βαρέα Μέταλλα	
Μαγγάνιο (ppm)	425
Χαλκός (ppm)	36.5
Ψευδάργυρος (ppm)	70
Κάδμιο (ppm)	90
Άζωτο (mg N %)	82

γ) Χαρακτηριστικά αφυδατωμένης ιλύος. Αυτά έχουν ως ακολούθως:

Πίνακας 412 : Τα χαρακτηριστικά της αφυδατωμένης ιλύος [7]

Άζωτο % N	2.09
Φώσφορος % P	1.5
Ολικά στερεά %	22
Απώλεια καύσης %	66
Ph Πολτού	7.8
Βαρέα Μέταλλα	
Χαλκός (ppm Cu)	300
Μαγγάνιο (ppm Mn)	185
Ψευδάργυρος (ppm Zn)	1960
Κάδμιο (ppm Cd)	3

4.7.1 Α ΦΑΣΗ ΔΕΝΔΡΟΦΥΤΕΥΣΗΣ

Η προμήθεια των δενδρυλλίων έγινε από δασαρχεία (1^η στήλη, Νοέμβριος 1995) και το εμπόριο (2^η στήλη Ιανουάριος 1996 και 3^η στήλη Μάρτιος 1996). Η φύτευση άρχισε τον Δεκέμβριο του 1995 και τελείωσε τον Μάιο του 1996. τα είδη που χρησιμοποιήθηκαν έχουν ως ακολούθως:

Πίνακας 4.13: Τα είδη των δένδρων που χρησιμοποιήθηκαν [7]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	Αριθμός Δένδρων (1-2-3)			Σύνολο
Πικροδάφνη	100	300	200	600
Χαλέπιος πεύκη	250	100		350
Κουκουναριά		100		100
Κυπαρίσσι	100			100
Ευκάλυπτος	200			200
Ακακία	50			50
Αλμιρίκι	100			100
Τριανταφυλλιά		200		200
Λεύκη	100			
Νυχτολούλουδο			50	50
Αγιόκλημα			50	50
Σύνολο	900	800	300	2000

Μέρος των δενδρυλλίων ήταν μεγέθους περίπου 20 cm (κυρίως των δασαρχείων) και τοποθετημένο σε τελάρα και έτσι, η μεταφύτευση έγινε με γυμνή ρίζα. Τα δενδρύλλια που προμηθεύτηκαν από το εμπόριο ήταν σε σακουλάκια και γλάστρες κυρίως μεσαίου μήκους έως 1,25 m. Σε μερικά από τα δενδρύλλια, εκεί

όπου το έδαφος ήταν άγονο και βραχώδες, χρησιμοποιήθηκε για λίπανση, αφυδατωμένη ιλύς ανάμικτη με χώμα.

Σχετικά με το δίκτυο άρδευσης της περιοχής, η ανάπτυξη του έγινε μετά τη φύτευση σε ομόκεντρους κύκλους με αγωγούς πολυαιθυλενίου 6 Atm. Στις θέσεις φύτευσης τοποθετήθηκαν ρυθμιζόμενοι σταλακτήρες και χρησιμοποιήθηκε αντλία παροχής 50 μ³/ώρα μανομετρικού 50m. Ο κεντρικός αγωγός είναι 150 μ. Φ63 και οι κύκλοι/διακλαδώσεις : 1000 μ. Φ25 και 4000 μ. Φ20/16. [7]

4.7.2 Β ΦΑΣΗ ΔΕΝΔΡΟΦΥΤΕΥΣΗΣ

Η προμήθεια των δένδρων έγινε από το εμπόριο τον Νοέμβριο του 1996. τα είδη που χρησιμοποιήθηκαν έχουν ως ακολούθως:

Πίνακας 4.14: Τα είδη των δένδρων που χρησιμοποιήθηκαν από τον Νοέμβριο του 1996. [7]

Περιγραφή Είδους	Μέγεθος (m)	Αριθμός Δένδρων
Ευκάλυπτος	1,5	150
Κυπαρίσσι	1,3	50
Πικροδάφνη	0,8	400
Πεύκο	1 – 1,3	250
Ακακία	1,2 – 1,5	100
Αλμυρίκι	1,0 – 1,3	50
Γιασεμί	0,8	20
Σύνολο		1020

Τα παραπάνω δενδρύλλια φυτεύτηκαν από 13-11-1996 έως 6-12-1996 και προδέθηκαν σε πάσαλους. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα ποτίστηκαν μόνο από το νερό της βροχής και την άνοιξη τοποθετήθηκε το δίκτυο ποτίσματος όπως και στην Α φάση. Για την ενίσχυση μέρους του βραχώδους εδάφους χρησιμοποιήθηκε αφυδατωμένη ιλύς αφού πρώτα αναμείχθηκε με χώμα. Μια έκταση 2,5 στρεμ. εμπλουτίστηκε με 15 τόνοθς αφυδατωμένης ιλύος και κατασκευάστηκαν περιφερειακά αναχώματα ώστε να αποφευχθεί διαφυγή στη θάλασσα δια μέσου αποπλύσεων. Η μέγιστη επιτρεπτή ποσότητα αφυδατωμένης ιλύος υπολογίστηκε σε 75 τον./εκτάριο και έτος.

Η διάθεση της ιλύος στη γεωργία καθορίζεται από την υπ' αριθμό 86/278 οδηγία της ΕΕ και την υπ' αριθμό 80568/4225/7-8-91 Υπουργική Απόφαση, όπου τα μέσα επιτρεπτά όρια περιεκτικότητας βαρέων μετάλλων στην ιλύ και οι μέγιστες επιτρεπόμενες δόσεις έχουν ως εξής:

Πίνακας 4.15: Τα μέσα επιτρεπτά όρια περιεκτικότητας βαρέων μετάλλων στην ιλύ και οι μέγιστες επιτρεπόμενες δόσεις, σύμφωνα με την παραπάνω Υπουργική Απόφαση. [7]

Βαρέα Μέταλλα	Οριακές τιμές mg/kg ξηράς ιλύος	Οριακές τιμές διάθεσης (*)
Κάδμιο (Cd)	20 – 40	0,15
Χαλκός (Cu)	1000 – 1750	12
Ψευδάργυρος (Zn)	2500 – 4000	30

(*) Οριακές τιμές διάθεσης ιλύος σε Kg/εκτάριο/έτος για τις ποσότητες των βαρέων μετάλλων που μπορούν να εισάγονται κατ' έτος στα καλλιεργούμενα εδάφη για διάστημα 10 ετών.

Η συνολική ποσότητα αφυδατωμένης ιλύος που χρησιμοποιήθηκε στη νησίδα Πασσά σε διάστημα περίπου ενός έτους ήταν 15 τόνοι αφυδατωμένης ιλύος σε 2,5 στρέμματα (για 23% ξηρότητα έχουμε: $15 \cdot 23\% = 3,45$ τόνους στερεών ή 13,8 τόνους στερεών ανά εκτάριο). Έτσι, από τα χαρακτηριστικά της ιλύος για βαρέα μέταλλα έχουμε διαθέσει στη νησίδα Πασσά:

α) Κάδμιο Cd $0,003 \text{ Kg/τόνο} \cdot 13,8 \text{ τόνοι/εκτάριο} = 0,04 \text{ Kg Cd/ εκτάριο/έτος} (<0,15)$.

β) Χαλκός (Cu) $0,3 \text{ Kg/τόνο} \cdot 13,8 \text{ τόνοι/εκτάριο} = 4,14 \text{ Kg Cu/ εκτάριο/έτος} (<12)$.

γ) Ψευδάργυρος (Zn) $1,96 \text{ Kg/τόνο} \cdot 13,8 \text{ τόνοι/εκτάριο} = 27 \text{ Kg Zn/ εκτάριο/έτος} (<30)$.

Όπως φαίνεται οι τιμές διάθεσης των βαρέων μετάλλων είναι κάτω από τα όρια που αναφέρονται στον παραπάνω πίνακα. [7]

4.7.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Λίγο χρόνο μετά από τη φύτευση και την άρδευση με νερό τελικής διάθεσης το μεγαλύτερο μέρος των δενδρυλλίων είχε προσαρμοστεί και άρχισαν να αναπτύσσονται αλλάζοντας την όψη της νησίδας και του χώρου των εγκαταστάσεων με τα δένδρα και τα λουλούδια που ανθίζουν από την άνοιξη μέχρι το φθινόπωρο.

Παρατηρήθηκε μετά τη φύτευση ότι δεν προσαρμόστηκαν όλα και είχαν μερικές απώλειες τα μεγάλα μεγέθους δένδρα (λευκές), όπως και μερικά που είχαν φυτευτεί σε βραχώδες ή σαθρό έδαφος. Επίσης επειδή η άγρια βλάστηση της νησίδας φθάνει σε ύψος 1,5 – 2 m έως αρχές Ιουνίου, καλύπτοντας τα δίκτυα και τα μικρού μεγέθους δένδρα, αυτό εμπόδιζε τον έλεγχο της άρδευσης και των σταλακτήρων που είχαν συχνές εμφράξεις από άλατα και άλγη εξαιτίας και της αναξιόπιστης λειτουργίας των απλών φίλτρων στερεών που χρησιμοποιήθηκαν στο δίκτυο άρδευσης. Η υποστήριξη, η άρδευση και γενικά η επίβλεψη γινόταν και γίνεται από το προσωπικό της Δ.Ε.Υ.Α.Χ. που εργάζεται στη Μ.Ε.Α.Υ.Α. Παρ' όλα όμως τα παραπάνω προβλήματα και παρά το γεγονός ότι δεν χρησιμοποιήθηκε άλλο λίπασμα ούτε έγινε ράντισμα για ζιζάνια από τα περίπου 3.000 δενδρύλλια που φυτεύτηκαν, σήμερα ευδοκούν περίπου 2.400. Η μελέτη και η παρατήρηση της δενδροφύτευσης συνεχίζονται με σκοπό τη συμπλήρωση και με άλλα είδη δένδρων αλλά και τη δενδροφύτευση της ευρύτερης περιοχής των λόφων των Εργατικών Κατοικιών, Αγ. Μαρίνας, Βαθροβούνι, Τσιμέντων Χαλκίδος και Βούρκου, με παράλληλη εγκατάσταση δικτύου ποτίσματος και μεταφορά με υποθαλάσσιους αγωγούς, ενώ θα είναι δυνατή η παροχή νερού και στις βιομηχανίες της περιοχής. Αυτό το έργο επαναχρησιμοποίησης περιλαμβάνει και την κατασκευή μονάδας τριτοβάθμιας επεξεργασίας του τελικού νερού διάθεσης στη νησίδα Πασσά και χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Κοινότητα με 430.000.000 δρχ., θα είναι δε πρωτοπόρο σε πανελλήνια κλίμακα.

Ο πληθυσμός της πόλης δεν έχει πρόσβαση στη νησίδα. Η απολύμανση του νερού γίνεται με αέριο χλώριο με τελική περιεκτικότητα περίπου 1 mg/L ελεύθερου Cl₂ ενώ οι τυχόν απορροές νερού και ιλύος περιορίζονται από αναχώματα. Οι μικροβιολογικές αναλύσεις του θαλάσσιου νερού, οι αναλύσεις σε όστρακα που έγιναν από την Δ/νση Κτηνιατρικής της Νομαρχίας Εύβοιας και οι αναλύσεις παράκτιων φυκιών που έγιναν από το τμήμα Περιβαλλοντικής Χημείας του

Πανεπιστημίου Αθηνών μέχρι τώρα δεν έδειξαν καμία άμεση επίδραση από τη χρήση του νερού και της ιλύος στη θαλάσσια ζωή και την ποιότητα του θαλασσινού νερού. Η προσπάθεια αξιοποίησης των εκροών και της ιλύος της Μ.Ε.Α.Υ.Α Χαλκίδας κατέληξε σε επιτυχή αποτελέσματα, αποτελεί δε μια πρωτοπόρο ενέργεια στον τομέα ευρείας εξοικονόμησης υδάτινων πόρων και διαχείρισης του Περιβάλλοντος στη χώρα μας. [7]

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- (1) Στάμου Ι. Αναστάσιος "Βιολογικός Καθαρισμός Αστικών Αποβλήτων" Εκδόσεις Παπασωτηρίου
- (2) Σιώκου – Φράγκου Ι. Έκθεση και Ερευνητικό Πρόγραμμα με θέμα "Παρακολούθηση οικοσυστήματος του Σαρωνικού κόλπου υπό την επίδραση της εκβολής των λυμάτων του αγωγού της Ψυττάλειας 2000 – 2004
- (3) "www clear - athens - gr" - Λυματολάσπη Τέλος
- (4) Τεχνική Περιγραφή Μονάδας Ξήρανσης Ιλύος Ψυττάλειας. 2007 Ψυττάλεια
- (5) Τσαγκαράκης Κ.Π, Παρανυχιανάκης Ν. και Αγγελάκης Α.Ν. "Προτεινόμενα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα". Heleco 2003 – 4^η Διεθνής Έκθεση και Συνέδριο για την Τεχνολογία Περιβάλλοντος
- (6) Σαββίδης Χ. Αναστάσιος 2001. "Βιολογική απομάκρυνση αζώτου από υγρό απόβλητο αστικού τύπου μέσης και υψηλής ισχύος σε αντιδραστήρα διαλείποντος έργου με περιοδική λειτουργία". Διδακτωρική διατριβή Πανεπιστήμιο Πατρών
- (7) Αγγελάκης Ανδρέας και Διαμαντόπουλος Ευάγγελος. "Διαχείριση Αστικών Υγρών Και Στερεών Αποβλήτων " με έμφαση στα έργα αποχέτευσης επεξεργασίας και διάθεσης υγρών αποβλήτων και στη διαχείριση των παραγόμενων βιοστερεών.
- (8) Εγχειρίδιο Χημείου Ψυττάλειας . 2007 Ψυττάλεια

